

**DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL
CORREGIMIENTO DE QUINAMAYÓ, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ**

VALENTINA APONTE GARCÍA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2015**

**DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL
CORREGIMIENTO DE QUINAMAYÓ, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ**

VALENTINA APONTE GARCÍA

**Pasantía Institucional para optar título de
Ingeniera Ambiental**

**Directora académica
NANCY VÁSQUEZ SARRIA
Ingeniera Sanitaria
Doctora en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2015**

Nota de aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniera Ambiental.

JAVIER ERNESTO HOLGUÍN
JURADO

Santiago de Cali, 24 de Julio de 2015

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Carlos Aponte y Zuleima Garcia, a mi hermana Alejandra Aponte y demás familiares que por su permanente cariño y apoyo me permitieron culminar con este gran proyecto de vida, que es también de todos ellos.

A la ingeniera Nancy Vásquez, directora del proyecto por su permanente apoyo y asesoría durante la ejecución del proyecto.

A Armando Vásquez, por su apoyo, comprensión y colaboración durante el desarrollo de este proyecto.

A la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, en especial a la Ingeniera Diana Loaiza por su apoyo, por la oportunidad de realizar la pasantía y por crear un ambiente propicio para el desarrollo de la misma.

Gracias a todos los que de una manera u otra me colaboraron.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2. JUSTIFICACIÓN	20
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO REFERENCIAL	23
4.1 ANTECEDENTES	23
4.2 MARCO TEÓRICO	25
4.2.1 Los ecosistemas de humedales	25
4.2.2 Índice de la calidad fisicoquímica del agua (ICA) NSF	26
4.2.3 Ecuación para el cálculo del ICA NSF	27
4.2.4 Parámetros que conforman el ICA con su peso relativo	28
4.2.5 Índice de calidad de agua modificado para el manejo de lagunas tropicales de inundación	28
4.2.6 ICATEST v1.0 Una herramienta para la validación de la calidad del agua	30
4.3 INFORMACIÓN BÁSICA DEL HUMEDAL EL AVISPAL	31

4.3.1 Ubicación Geográfica	31
4.3.2 Historia	32
4.3.3 Descripción General	34
4.3.4 Descripción Física	35
4.3.5 Características Ecológicas	36
4.3.6 Aspectos Demográficos	38
4.3.7 Educación	39
4.3.8 Salud	39
4.3.9 Vivienda	39
4.3.10 Servicios Públicos	40
4.3.11 Infraestructura Vial	41
4.3.12 Aspectos Culturales	41
 5. METODOLOGÍA	 43
5.1 ETAPA 1: Análisis de información sobre la calidad del agua en el humedal El Avispal	44
5.2 ETAPA 2: Identificación de posibles impactos antrópicos sobre el recurso hídrico en el humedal El Avispal	50
5.1.3 ETAPA 3: Propuesta de actividades o acciones orientadas a la comunidad para la recuperación y conservación del humedal El Avispal	52
 6. RESULTADOS	 54
6.1 ETAPA 1: Análisis de información sobre la calidad del agua en el humedal El Avispal	54
6.1.1 Análisis de los parámetros seleccionados y evaluación de la calidad del agua del humedal con la normativa pertinente	57

6.1.2 Valoración de los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS, ICOMI e ICOTRO.	77
6.1.4 Estimación del índice de calidad de agua para lagunas ICA-L	85
6.1.5 Análisis de la situación ambiental asociada con la invasión de la <i>Azolla filiculides</i> en el humedal El Avispal	87
6.2 ETAPA 2: Identificación de posibles impactos antrópicos sobre el recurso hídrico en el humedal El Avispal	91
6.3 ETAPA 3: Propuesta de actividades o acciones orientadas a la comunidad para la recuperación y conservación del humedal El Avispal	101
6.3.1 Formulación de plan de acción	109
 7. CONCLUSIONES	 114
 8. RECOMENDACIONES	 116
 BIBLIOGRAFÍA	 117
 ANEXOS	 125

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Valores de los humedales	26
Cuadro 2. Calculo del ICA NSF	27
Cuadro 3. Parámetros y pesos relativos del ICA NSF	28
Cuadro 4. Rangos del ICA-L, con su respectiva categoría y descripción	29
Cuadro 5. Principales especies de fauna en el humedal El Avispal	37
Cuadro 6. Principales especies de flora en el humedal El Avispal	37
Cuadro 7. Parámetros seleccionados para realizar el análisis de la calidad del agua del humedal	45
Cuadro 8. Criterios de calidad admisible para la destinación del recurso en fines recreativos del Decreto 1594 de 1984	46
Cuadro 9. Parámetros necesarios para calcular los índices de contaminación ICOMO e ICOSUS	47
Cuadro 10. Parámetros necesarios para la estimación del ICA – L	49
Cuadro 11. Caracterización de vertimientos por zonas y actividades	52
Cuadro 12. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2006	54
Cuadro 13. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2007	54
Cuadro 14. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2010	55
Cuadro 15. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2011	56
Cuadro 16. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2012	56
Cuadro 17. Relación DBO₅/DQO en el humedal El Avispal	65
Cuadro 18. Valores de Coliformes Totales en el humedal El Avispal	74

Cuadro 19. Valores de Coliformes Fecales en el humedal El Avispal	76
Cuadro 20. Grado de contaminación de los ICO.	77
Cuadro 21. Índice de contaminación trófico (ICOTRO)	81
Cuadro 22. Propietarios de los predios colindantes con el humedal	91
Cuadro 23. Identificación del tipo de vertimientos por zonas y actividades en el humedal El Avispal	94
Cuadro 24. Formulación del plan de acción.	110

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Índices de calidad y contaminación en ICATEST v1.0	31
Figura 2. Localización general del humedal El Avispal	32
Figura 3. Fotointerpretación multitemporal del Humedal El Avispal (1957 - 2014)	35
Figura 4. Esquema general de la metodología del proyecto	43
Figura 5. Estaciones de monitoreo en el humedal El Avispal	44
Figura 6. ICATEST v1.0 herramienta para la valoración de la calidad del agua	49
Figura 7. Sectorización del humedal El Avispal	51
Figura 8. Valores históricos del pH en el humedal El Avispal	58
Figura 9. Valores históricos de la temperatura en el humedal El Avispal	59
Figura 10. Valores históricos de la turbiedad en el humedal El Avispal	60
Figura 11. Valores históricos de los sólidos totales en el humedal El Avispal	61
Figura 12. Valores históricos de DBO₅ en el humedal El Avispal	63
Figura 13. Valores históricos de DQO en el humedal El Avispal	64
Figura 14. Valores históricos de Oxígeno Disuelto en el humedal El Avispal	67
Figura 15. Valores históricos de Conductividad Específica en el humedal El Avispal	68
Figura 16. Valores históricos de Fósforo Total en el humedal El Avispal	70
Figura 17. Valores históricos de la relación N:P en el humedal El Avispal	70
Figura 18. Valores históricos de Fosfatos en el humedal El Avispal	71
Figura 19. Valores históricos de Nitratos en el humedal El Avispal	73

Figura 20. Valores históricos de Coliformes Totales en el humedal El Avispal	75
Figura 21. Valores históricos de Coliformes Fecales en el humedal El Avispal	77
Figura 22. Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)	78
Figura 23. Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos	80
Figura 24. Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI) en el año 2012	81
Figura 25. Índice de contaminación por Materia Orgánica en los humedales el Avispal y Guarínó (Monitoreo año 2012)	83
Figura 26. Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos en los humedales El Avispal y Guarínó (Monitoreo año 2012)	84
Figura 27. Índice de contaminación por Mineralización en los humedales El Avispal y Guarínó (Monitoreo año 2012)	84
Figura 28. Índice de contaminación trófico en los humedales El Avispal y Guarínó (Monitoreo año 2012)	85
Figura 29. Variación del ICA - L en humedal El Avispal	86
Figura 30. Distribución geográfica de la Azolla en el mundo (Representada con puntos blancos)	88
Figura 31. Humedal El Avispal, invasión de la azolla filiculoides, forma y estructura de la misma	89
<i>Figura 32. Problemática y soluciones individuales de los habitantes</i>	92
Figura 33. Soluciones individuales a las diferentes problemáticas presentadas en las comunidades aledañas al humedal	93
Figura 34. Análisis de Vertimientos domésticos en el humedal	97
Figura 35. Análisis de Vertimientos agrícolas en el humedal	98
Figura 36. Análisis de la cobertura de caña de azúcar en el humedal	99
Figura 37. Análisis de la cobertura de fincas tradicionales aledañas al humedal	100

Figura 38. Primera pregunta: ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?	102
Figura 39. Segunda pregunta: ¿Qué es para usted un humedal?	103
Figura 40. Tercera pregunta: ¿Por qué cree usted que es importante la protección de los humedales?	104
Figura 41. Cuarta pregunta: ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?	105
Figura 42. Quinta pregunta: ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?	106
Figura 43. Sexta pregunta: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?	107
Figura 44. Séptima pregunta: ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?	108
Figura 45. Octava pregunta: ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?	109

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Función de calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto	125
Anexo B. Función de calidad DRM Sólidos Suspendidos	125
Anexo C. Función de calidad NSF Potencial de Hidrogeno (pH)	126
Anexo D. Función de calidad NSF Nitratos	126
Anexo E. Función de calidad DQO	127
Anexo F. Función de calidad Fósforo total	127
Anexo G. Función de calidad Temperatura	128
Anexo H. Valores históricos del porcentaje de saturación en el humedal El Avispal	128
Anexo I. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua (Bain y Stevenson 1999)	129
Anexo J. Valores históricos de los sólidos disueltos totales en el humedal El Avispal	129
Anexo K. Valor de ICA-L para el año 2006 en las zonas norte, centro y sur	130
Anexo L. Valor de ICA-L para el año 2007 en las zonas norte y sur	131
Anexo M. Valor de ICA-L para el año 2010 en las zonas norte, centro y sur	131
Anexo N. Valor de ICA-L para el año 2011 en las zonas norte, centro y sur	132
Anexo O. Valor de ICA-L para el año 2012 en las zonas norte, centro y sur	133
Anexo P. Rango óptimo para el desarrollo de la azolla filiculoide	134
Anexo Q. Valores históricos de Nitrógeno Total en el humedal El Avispal	135
Anexo R. Registro fotográfico de las encuestas realizadas a la comunidad	135
Anexo S. Registro fotográfico de la aplicación de las encuestas a la comunidad colindante con el humedal.	136

RESUMEN

La pérdida o alteración de los humedales se debe a procesos antrópicos como la agricultura intensiva, urbanización, contaminación, construcción de represas, traslado regional de aguas, entre otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico que afectan gravemente la estructura y organización de un alto porcentaje de ecosistemas en la tierra. El desarrollo de este proyecto permitió realizar un aporte importante en torno a las acciones encaminadas a la protección del Humedal el Avispal, siendo la revisión de documentación y las visitas de campo al humedal herramientas fundamentales para la realización del análisis de la situación ambiental del humedal y para la identificación de los posibles impactos generados por las actividades antrópicas.

Como metodología se realizó inicialmente un análisis de información sobre la calidad de agua en el humedal El Avispal, esta actividad permitió conocer las zonas con mayor grado de perturbación durante las 5 fechas de monitoreo. Posteriormente se realizó la identificación de los posibles impactos antrópicos sobre el recurso hídrico del ecosistema y se generaron propuestas de actividades o acciones orientadas a la comunidad para la recuperación y conservación del humedal.

De acuerdo con los resultados del diagnóstico de la calidad de agua en el humedal, los índices de contaminación (ICO) exponen que este ecosistema es considerado un humedal con calidad de agua regular (con valores de índices que variaron entre 0,333 y 0,914 para ICOMO, entre 0,088 y 0,733 para ICOSUS y entre 0,300 y 0,318 ICOMI), ya que todavía se presentan algunos signos de contaminación, la reducción de la diversidad de organismos acuáticos y el crecimiento desmesurado de algas y vegetación acuática. Además se identificó que la zona con mayor afectación al humedal es donde se encuentra el espejo de agua, ya que existen vertimientos sólidos, domésticos y agrícolas, y cultivos que deterioran la calidad de agua del ecosistema, siendo la zona 2 en la que se observó el mayor impacto.

Entre los principales impactos antrópicos sobre el humedal se destacan: i) invasión de la franja forestal de 30 m, contribuyendo con los problemas de erosión del humedal debido a su utilización como zona de pastoreo, de cultivos no controlados y de disposición de residuos líquidos y sólidos; ii) inadecuada recolección, manejo y tratamiento del agua residual generada en las viviendas, afectando la calidad del agua del humedal; iii) contaminación del agua asociada al uso de fertilizantes y abonos.

Como actividades para la recuperación se propusieron: la delimitación del humedal por parte de las entidades competentes, evitando que el ganado por medio del pastoreo compacte el suelo y aporte excrementos directamente al cuerpo de agua y la revisión de los pozos sépticos existentes ya que muchos de estos presentan problemas de diseño y están afectando el ecosistema. También es importante que se diseñe un modelo de pozo séptico para que la comunidad aledaña al humedal tenga un modelo a seguir a la hora de buscar soluciones individuales.

Palabras Claves: Humedales, Índices de contaminación, ICA – L, conservación, recuperación.

INTRODUCCIÓN

Los humedales naturales son considerados mundialmente como uno de los ecosistemas más importantes ya que actúan como interfase entre los hábitats acuáticos y los terrestres. Son ambientes ricos en biodiversidad y altamente productivos ya que exportan grandes cantidades de nutrientes al medio acuático¹. En los humedales el agua es el principal factor controlador de la vida vegetal y animal asociado a él, de inundaciones y erosión costera, obteniendo importantes beneficios económicos debido al abastecimiento de agua, pesca, agricultura, recreación y turismo².

En los últimos 50 años, las comunidades y los asentamientos humanos han intervenido considerablemente la estructura y organización de un alto porcentaje de ecosistemas en la tierra, llevando consigo la extinción acelerada de especies, la disminución en su área y la pérdida de las funciones vitales y los factores reguladores que los humedales poseen³.

Actualmente la Convención de Ramsar "*Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*" a través del tratado del 2 de febrero de 1971 busca "la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo", a este tratado se le han unido varios países y organizaciones no gubernamentales sensibles por la pérdida y degradación de los humedales⁴.

Colombia mediante la ley 357 de 1997 se sumó a la Convención de Ramsar elaborando una planificación de forma que favorezca la conservación de los humedales incluidos en la "*Lista de humedales de Importancia Internacional*" y que propenda en el uso racional de los humedales de su territorio⁵.

¹ DANEMANN, Gustavo y EZCURRA, E. Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste A.C, 2008. p 243.

² Ramsar. ¿Qué son los humedales?: Documento informativo Ramsar No.1 [En línea]. 2007 [consultado 11 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: <http://www.ramsar.org/pdf/about/info2007sp-01.pdf>.

³ POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. p 23.

⁴ Ramsar. La Convención de Ramsar [En línea]. 2014 [consultado 11 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-cop12-logo-homeindex/main/ramsar/1%5E26530_4000_2_.

⁵ FUNECOROBLES. Formulación del plan de manejo ambiental del humedal El Avispal o Carabalo: Corregimiento de Quinamayó. Jamundí, 2006. p 10.

En este proyecto de grado se realizó el diagnóstico del recurso hídrico y componente social del área de influencia del humedal El Avispal, ubicado en la vereda El Avispal, corregimiento de Quinamayó, municipio de Jamundí, departamento del Valle del Cauca, con el fin de identificar los principales impactos antrópicos sobre este recurso y proponer actividades o acciones orientadas a la comunidad e instituciones para promover la recuperación y conservación del humedal El Avispal.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pérdida o alteración de los humedales se debe a procesos antrópicos como la agricultura intensiva, urbanización, contaminación, construcción de represas, traslado regional de aguas, entre otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico que afectan gravemente la estructura y organización de un alto porcentaje de ecosistemas en la tierra. Como consecuencia de estos procesos se presenta la extinción acelerada de especies, la disminución en su área, la pérdida de las funciones vitales y los factores reguladores que los humedales poseen⁶.

En Colombia se estima que cerca de 20.000.000 hectáreas de humedales son representados por ciénagas, pantanos y turberas, madre viejas, lagunas, sabanas y bosques inundados, que proveen múltiples bienes y servicios para el desarrollo de las comunidades locales mediante actividades económicas⁷.

En el valle geográfico del río Cauca, el crecimiento acelerado de la población, el desarrollo urbano, la contaminación urbana e industrial ha causado una transformación dramática representada en la pérdida del 80% de estos ecosistemas⁸.

El humedal El Avispal de origen natural y producto del almacenamiento de sedimentos del río Cauca, se ve afectado considerablemente por la alta deforestación y la expansión de la frontera agrícola, disminuyendo notoriamente la cobertura vegetal. Debido a que la agricultura y la ganadería son actividades predominantes de las comunidades cercanas al humedal, la tala y la introducción de especies exóticas de pasto han generado impactos negativos en la cobertura vegetal⁹.

⁶ DUGAN, Patrick. Conservación de Humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Suiza: UICN, 1992. p 11.

⁷ Ministerio del medio ambiente. Política nacional para humedales interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso racional. Consejo nacional ambiental [En línea]. Ramsar, 2001 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-nationalpolicycolombia/main/ramsar/1%5E26089_4000_2__.

⁸ FUNECOROBLES. Op. cit. p 10.

⁹ POSSO, J et al. Op. cit. p 160.

Aunque este ecosistema ha sido alterado en un gran porcentaje, aún se conserva diversos hábitats asociados a la presencia de especies nativas, que se encuentran amenazados por el avance de las fronteras agrícolas y ganaderas¹⁰. Teniendo en cuenta la actual problemática que presenta el humedal El Avispal, este proyecto busca generar diversas estrategias para concientizar a los usuarios del beneficio y riesgo ambiental del humedal, de tal manera que se fomente y se pueda crear conciencia de la importancia de la participación de los usuarios del humedal en los proyectos que se realicen por parte de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

De igual manera y considerando la importancia del diagnóstico del estado actual del humedal y de la identificación de los impactos antrópicos sobre el recurso hídrico, en este proyecto se realizó el análisis de los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas realizadas por la CVC, durante las últimas fechas de muestreo (2006 - 2012), en los tres puntos de monitoreo (norte, sur y centro) del humedal.

¹⁰ Ibid, p 161.

2. JUSTIFICACIÓN

Los humedales fueron considerados como terrenos áridos, peligrosos, poco atractivos y obstáculos para el progreso de la humanidad, debido a esto se presentó una aceleración de la disminución y degradación de estos ecosistemas, desapareciendo importantes poblaciones de aves acuáticas. En 1971 se adoptó el convenio Ramsar, el cual entró en rigor en 1975, contando actualmente con 119 estados y con más de mil humedades incluidos en su lista, teniendo como objetivo impedir la pérdida progresiva de humedales, asegurando la conservación y biodiversidad mediante políticas sectoriales nacionales y la aplicación del uso racional de estos ecosistemas¹¹.

En Colombia mediante la resolución 157 de 2004, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adoptó medidas para garantizar el uso sostenible, conservación y manejo de los humedales, desarrollando aspectos referentes a la ley 357 de 1997 la cual aprueba la convención relativa de humedales¹². Actualmente el 82% de los municipios colombianos cuentan con humedales en su jurisdicción, comprendiendo alrededor de 12 millones de hectáreas; de los cuales seis humedales (Sistema Delta Estuario de río Magdalena, complejo de humedales de la Estrella Fluvial Inírida, laguna de la Cocha, sistema lacustre de Chingaza, complejo de humedales laguna del Otún¹³) están incluidos en la lista de la Convención Ramsar con un área aproximada de 458.525 hectáreas¹⁴.

Con base en lo anterior, la Dirección de Gestión Ambiental de la CVC a través del proceso de mejoramiento de la oferta ambiental busca generar acciones de conservación y recuperación de los ecosistemas estratégicos del Departamento del Valle del Cauca.

Uno de los principales problemas ambientales que se ha identificado en los humedales del Valle del Cauca es la elevada proliferación de plantas acuáticas invasoras; este aspecto ha sido relacionado con el manejo inadecuado de las cuencas aportantes al humedal, lo que ha llevado que se esté invirtiendo tiempo y

¹¹ BRUFAO, Pedro y Llamas R. Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: aspectos legales, institucionales y económicos. España: Fundación Marcelino Botín, 2003. p 104.

¹² DAGMA. Los humedales, normatividad para su conservación y mecanismos de participación. Santiago de Cali, 2012.

¹³ Ramsar. Colombia [En línea]. 2015 [consultado 09 de Julio de 2015] Disponible en Internet: <http://www.ramsar.org/es/humedal/colombia>

¹⁴ Colombia, país de humedales [En línea]. MinAmbiente, 2014 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>. 2008

recursos económicos para disminuir los efectos causados por estas especies realizando un control continuo y permanente¹⁵.

Con este proyecto de grado se buscó realizar un aporte importante en torno a las acciones encaminadas a la protección del Humedal el Avispal, siendo la revisión de documentación, las visitas de campo al humedal y la interacción con la comunidad del humedal, herramientas fundamentales para la realización del análisis de la situación ambiental del humedal y para la identificación de los posibles impactos generados por las actividades antrópicas.

De igual manera haciendo participe a la comunidad en proyectos que se realicen por parte de CVC para la recuperación y conservación del humedal; por medio de encuestas se quiere llegar a conocer intereses, preocupaciones y propuestas hacia el humedal con el ánimo de generar una discusión y conocer lo que estarían dispuestos a hacer para recuperarlo y conservarlo.

¹⁵ GONZALES, Lady y LOAIZA, D. Análisis de conveniencia para suscripción de un convenio de asociación: Estudios previos del humedal El Avispal. Santiago de Cali, 2014. 1 archivo de computador.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico del recurso hídrico y el componente social del área de influencia del humedal El Avispal ubicado en el corregimiento de Quinamayó, municipio de Jamundí.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la información sobre la calidad del agua en el humedal El Avispal
- Identificar los impactos antrópicos sobre el recurso hídrico en el humedal El Avispal
- Proponer actividades o acciones orientadas a la comunidad e instituciones para la recuperación y conservación del humedal El Avispal

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

En abril de 1989 en el Valle de Senegal se desató una violencia étnica que dejó como resultado miles de muertos y personas sin hogar, todo esto sucedió a causa de una disputa sobre el uso de los recursos de los humedales en una región sujeta a crecientes presiones demográficas y de desarrollo, resaltando de forma significativa la relación que existe entre el manejo eficaz de los ecosistemas naturales de los humedales y el bienestar del ser humano¹⁶.

En el gran Valle del Rift africano se encuentran numerosos humedales situados a orillas de lagos que han preservado resto de asentamientos de primates, como es el caso de la garganta de Olduvai que puede tener 2 millones de antigüedad y todavía se conserva. Muchos de los humedales de zonas templadas y subárticas surgieron aproximadamente hace 12.000 años cuando empezaron a derretirse los glaciares de la última edad glacial y subieron los niveles del mar¹⁷.

En Estados Unidos se han perdido aproximadamente 87 millones de hectáreas desde la época de la colonia según la unión mundial para la naturaleza (UINC) y otros han sido degradados rigurosamente. Como consecuencia a esta problemática en el año de 1965 se emitió un Decreto sobre la calidad del agua en los Estados Unidos que regulaba el drenaje y relleno de los humedales y en el año de 1985 la legislación decretó la prohibición de drenajes en los humedales¹⁸.

En la década de los noventa una serie de organizaciones internacionales como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UINC), la World Wildlife Fundation (WWF) y el International Waterfowl and Wetlands Research Bureau (IWRB) aumentaron sus actividades para la recuperación y conservación en los humedales¹⁹.

En el caso de Latinoamérica el único país que contaba con un inventario nacional de humedales para el año 1998 era Brasil, mientras que los otros países contaban

¹⁶ DUGAN, Patrick. Op. cit. p 3.

¹⁷ Ramsar. La historia de los humedales y de los seres humanos [En línea]. 2014 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/pdf/info/cultural_heritage_s02.pdf

¹⁸ DUGAN, Patrick. Op. cit. p 3.

¹⁹ Ibid, p 4.

con inventarios parciales o ni siquiera existía algún estudio que permitiera conocer la cantidad de humedales y el estado en el que se encontraban²⁰. En Colombia la UINC ha participado en la gestión de los humedales del país, iniciando con una colaboración en la organización de un taller nacional en 1992 en donde se obtuvo un importante intercambio de información. Una de las prioridades que tuvo el programa de humedales de la UINC fue la reactivación del grupo de humedales del país, al igual que la colaboración para contar una política nacional de humedales²¹.

Actualmente Colombia cuenta con una política nacional para humedales interiores del país presentado por el Ministerio del Medio Ambiente, en donde las acciones planteadas están encaminadas a promover el uso racional, la conservación y la recuperación de los humedales del país en los ámbitos nacional, regional y local. En el proceso de formulación, discusión y concertación de este documento se contó con la participación de entidades como el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y entidades de carácter público y privado relacionados con el área temática²².

En el municipio de Jamundí el complejo de humedales es fundamental en la historia de los pueblos negros al sur del Valle del Cauca, ya que estos hombres fueron arrancados violentamente de su país Africano y esclavizados en estas tierras las cuales contaban con una generosa vegetación, manantiales, vertientes hídricas y por último de humedales que servían para la realización de sus ceremonias sagradas y ritos de pueblos ancestrales²³.

Para el año 2002 se contaba con 49 humedales lenticos que hacían parte del complejo hídrico del Alto río Cauca, con aproximadamente 2.500 Ha. Desde esa época la CVC ha estado desarrollando diversos procesos con las comunidades vecinas a los humedales y con los entes territoriales e institucionales que deben trabajar en su conservación y recuperación²⁴. En el año 2013 se realizó la limpieza manual de azolla en 2,5 ha del humedal con una inversión de \$8.500.000²⁵.

²⁰ GUERRERO, Eduardo. Una aproximación a los humedales en Colombia. Bogotá: Fondo FEN Colombia, 1998. p 26.

²¹ Ibid, p 27.

²² Ministerio del medio ambiente. Op. cit. http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-nationalpolicycolombia/main/ramsar/1%5E26089_4000_2__.

²³ POSSO, J et al. Op. cit. p 27.

²⁴ FLOREZ, Brand et al. Lagunas y madre viejas del departamento del Valle del Cauca. Santiago de Cali: CVC, 2002. p 23.

²⁵ CVC. Agua, fauna, flora y conferencias en el día internacional de los humedales. [En línea]. 2014 [consultado 06 de Agosto de 2015] Disponible en Internet:

<http://www.cvc.gov.co/portalold/index.php/es/servicios-informacion-1/noticias/895-humedales-valle>

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Los ecosistemas de humedales. Una definición para los humedales según Danemann et al. (2008), es que son ecosistemas complejos que interactúan entre hábitats terrestres y acuáticos, siendo ambientes ricos en biodiversidad y altos productores de nutrientes del medio marino que sirven como zonas de desove, desarrollo y reclutamiento de invertebrados y peces, al igual que zonas de anidación para aves. Estos ecosistemas ofrecen servicios ambientales como el control de la erosión costera e inundaciones.

Keddy (2010)²⁶ define los humedales como ecosistemas que abarcan desde pantano de manglares hasta turberas subárticas, que presentan una estructura compleja ya que existe una causa determinada por inundaciones de agua, un efecto de proximidad relacionado con la reducción de los niveles de oxígeno en el suelo y un efecto secundario donde la biota debe tolerar los efectos directos de las inundaciones y de las condiciones anaeróbicas. Estos ecosistemas se encuentran entre una interfaz de hábitats terrestres y acuáticos y poseen características de ambos, relacionando la mayoría de los humedales con el agua dulce.

La convención de Ramsar define los humedales como extensiones de marisma, pantanos, turberas, cuerpos de agua de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas, corrientes, dulces, salobres y saladas incluyendo las áreas de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los seis metros; considerándolos como un ecosistema cuyo componente principal es el agua, en los cuales se tienen periodos permanentemente inundados y normalmente secos que forman ambientes intermedios incluyendo una diversidad biológica dependiente de él.

Todos los humedales están conformados por una serie de componentes físicos, biológicos o químicos, como lo son suelos, agua, animales y vegetales, y nutrientes. La interacción de estos componentes en el lugar determina si el humedal cumple con una serie de funciones que genera productos específicos o posee ciertos atributos²⁷. En el Cuadro 1 se relacionan las funciones, productos y atributos con la clasificación de los humedales²⁸.

²⁶ KEDDY, Paul Wetland Ecology. Principles and conservation. Wetlands: an overview. New York, Cambridge University Press, 2010. p 19.

²⁷ DUGAN, Op. Cit., p 8.

²⁸ Ibid., p 11.

Cuadro 1. Valores de los humedales

TIPO DE HUMEDAL (*)	A	B	C	D	E	F	G	H
Funciones								
1. Recarga de acuíferos								
2. Descarga de acuíferos								
3. Control de inundaciones								
4. Estabilización de la línea costera/Control de la erosión								
5. Retención de sedimentos/sustancias tóxicas								
6. Retención de nutrientes								
7. Exportación de biomasa								
8. Protección contra tormentas/Cortina rompevientos								
9. Estabilización de microclimas								
10. Transporte por agua								
11. Recreación/Turismo								
Productos								
1. Recursos forestales								
2. Recursos de vida silvestre								
3. Pesquerías								
4. Recursos forrajeros								
5. Recursos agrícolas								
6. Abastecimiento de agua								
Atributos								
1. Diversidad biológica								
2. Singularidad del patrimonio cultural								
Clave:								
Ausente o excepcional								
Presente								
Común o valor importante de ese tipo de humedal								
(*) Tipo de Humedal: A: Estuarios (sin manglares) B: Manglares C: Costas Abiertas D: Llanuras de inundación E: Pantanos de agua dulce F: Lagos G: Turberas H: Bosques inundados								

Fuente: KEDDY, Paul Wetland Ecology. Principles and conservation. Wetlands: an overview. New York, Cambridge University Press, 2010. p 19.

4.2.2 Índice de la calidad fisicoquímica del agua (ICA) NSF. El Índice de calidad del agua determina condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de un cuerpo de agua, permite reconocer en un intervalo de tiempo específico problemas de contaminación en un punto determinado y puede representar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos en función de

variables seleccionadas, mediante ponderaciones y agregación de variables físicas, químicas y biológicas²⁹.

El ICA como herramienta de evaluación de calidad de agua presenta una serie ventajas y limitaciones, mencionando brevemente algunas de las ventajas son: permitir a los usuarios una fácil interpretación de los datos, es un método simple, conciso y valido para expresar la importancia de los datos generados, identificar tendencias de la calidad del aguas y áreas problemáticas, mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua. En el caso de las limitaciones, es que proporciona un resumen de los datos, no se puede evaluar todos los riesgos presentes en el agua y se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal³⁰.

4.2.3 Ecuación para el cálculo del ICA NSF. El ICA fue desarrollado en el año 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF) y fue creado para medir los cambios en la calidad de agua en tramos de los ríos espacial y temporalmente. Para el cálculo del ICA, se define una función matemática que se obtiene del producto de nueve parámetros y tiene un peso ponderado entre 0 y 100 dependiendo del parámetro³¹. En el Cuadro 2 presentan los índices, ecuación y observaciones para el cálculo del ICA.

Cuadro 2. Calculo del ICA NSF

Índice	Ecuación	Observaciones
ICA NSF (EU)	$ICA_m = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i}$ <p>Ecuación 1</p>	Promedio geométrico ponderado: Wi: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro li: subíndice de i-ésimo parámetro

Fuente: TORRES, Patricia et al., Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano En: Revista ingenierías universidad de Medellín. Octubre, 2009, vol. 8, no. 15 especial, p. 85.

²⁹ SIAC. Calidad: agua superficial. Calidad del agua. [En línea]. 2010 [consultado 20 de septiembre de 2014]; Disponible en Internet:

<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=860&conID=1373>

³⁰ TORRES, Patricia et al., Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano En: Revista ingenierías universidad de Medellín. Octubre, 2009, vol. 8, no. 15 especial, [consultado 4 de octubre de 2014]; Disponible en Internet:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009

³¹ POSSO et al, Op. cit., p 160.

4.2.4 Parámetros que conforman el ICA con su peso relativo. La asignación de pesos de cada parámetro se relaciona directamente con la importancia de los usos pretendidos y la incidencia de cada variable en el índice. En el caso del ICA para aguas superficiales el mayor peso se presenta en parámetros como OD, DBO₅, nitratos, sólidos suspendidos y Coliformes totales³². En el Cuadro 3 se presentan los principales parámetros y su respectivo peso relativo.

Cuadro 3. Parámetros y pesos relativos del ICA NSF

Parámetro	Peso relativo
% de saturación de O ₂	0,17
DBO ₅	0,10
pH	0,12
Turbiedad	0,08
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Sólidos Totales	0,08
Temperatura	0,10
Sólidos disueltos	0,15

Fuente: POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. 160 p.

4.2.5 Índice de calidad de agua modificado para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Según Pérez et al. (2006), el modelo de ICA NSF se adaptó para aplicarlo a lagunas tropicales de inundación, modificando algunos exponentes y dándole más peso a los parámetros de Saturación de Oxígeno Disuelto y Sólidos Suspendidos³³.

Para calcular el ICA-L se debe implementar la Ecuación 2, donde Q corresponde al puntaje de cada propiedad designada por el subíndice³⁴.

$$ICA - L = (Q_{st\ O_2})^{0.18} * (Q_{SS})^{0.16} * (Q_{pH})^{0.12} * (Q_{DQO})^{0.12} * (Q_{NO_3})^{0.11} * (Q_{Ptotal})^{0.11} * (Q_T)^{0.11} * (Q_{Ct})^{0.09}$$

Ecuación 2

³² TORRES, Patricia et al., Op. cit. Disponible en Internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009

³³ POSSO et al, Op. cit., p 163.

³⁴ PEREZ, Ana y RODRIGUEZ, A. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. En Revista de biología tropical, Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. 04, diciembre, 2006, vol. 56, no. 4, p 4.

Donde,

ICA - L = Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación.

Q_{stO_2} = Puntaje del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.

Q_{ss} = Puntaje de la concentración de los sólidos suspendidos.

Q_{pH} = Puntaje del pH.

Q_{DQO} = Puntaje de la demanda química de oxígeno.

Q_{NO_3} = Puntaje de la concentración de nitritos.

Q_{ptotal} = Puntaje de la concentración de fosforo total.

Q_T = Puntaje de la temperatura.

Q_{Ct} Puntaje de la conductividad eléctrica.

Por último se presenta el Cuadro 4 con el puntaje del ICA-L y su relación con la calidad del agua para la vida acuática.

Cuadro 4. Rangos del ICA-L, con su respectiva categoría y descripción

ICA-L	Categoría	Descripción de la calidad del agua
86 – 100	Excelente	No presenta peligros para el ecosistema. Es adecuada para el desarrollo de todas las especies.
71 – 85	Buena	Sostiene una alta biodiversidad de vida acuática. Se presentan periodos donde algún indicador muestra peligros para el ecosistema. En este caso, si la situación no mejora en un periodo breve, se empezarían a ver cambios en la composición del ecosistema.
51 – 70	Regular	Existen signos de contaminación, como aumento en la concentración de nutrimento. Se observa una reducción de la diversidad en los organismos acuáticos y un desequilibrio en el crecimiento de algas y vegetación acuática.
26 – 50	Mala	Sostiene una baja biodiversidad de vida acuática, principalmente de especies tolerantes. Manifiesta problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual.
0 – 25	Pésima	Posibilita el crecimiento de poblaciones elevadas de un limitado número de organismos resistentes a aguas muy contaminadas.

Fuente: PEREZ, Ana y RODRIGUEZ, A. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. En Revista de biología tropical, Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. 04, diciembre, 2006, vol. 56, no. 4, p 6.

4.2.6 ICATEST v1.0 Una herramienta para la validación de la calidad del agua.

ICATEST v1.0 es un software programado en Microsoft Visual Basic 6,0 diseñado en el año 2001 por los grupos de investigación en recursos naturales y ciencias computacionales de la Universidad de Pamplona³⁵. Esta herramienta permite valorar la calidad del agua de un recurso hídrico, con la ventaja de presentar la información de una manera fácil y sencilla de entender por los distintos usuarios³⁶.

ICATEST v1.0 calcula diferentes índices de calidad y contaminación en América y Europa, como se presenta en la Figura 1³⁷. Donde:

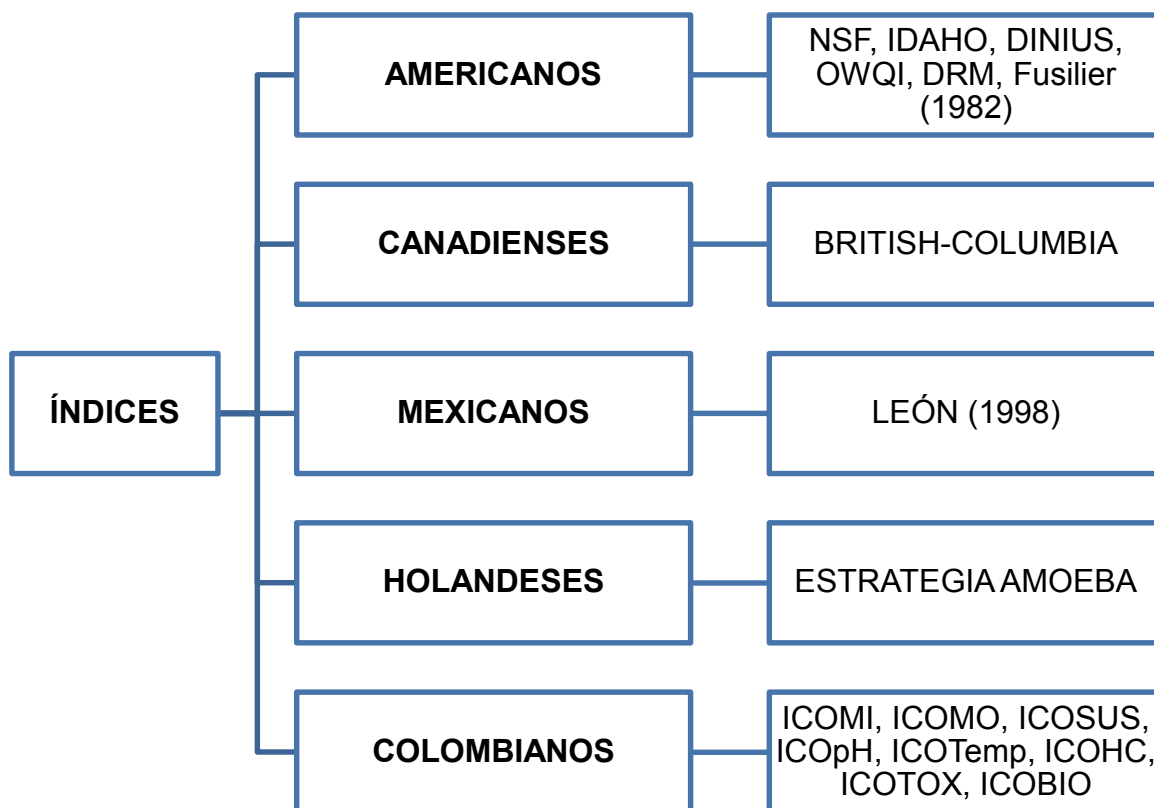
NSF – Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento
IDAHO – Índice de calidad de agua para Idaho
DINIUS – Índice de Dinius
OWQI – Índice de calidad de agua para Oregon
DRM – Índice para el río Des Moines
Fusilier – Para lagos (1982)
BRITISH COLUMBIA – Índice de British Columbia
LEÓN – El índice de León y su aplicación a la cuenca de Lerma-Chapala en México
ESTRATEGIA AMOEBA – El proyecto Amoeba (países bajos)
ICOMI – Índice de Contaminación por Mineralización
ICOMO – Índice de Contaminación por Materia Orgánica
ICOSUS - Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos
ICOTRO - Índice de Contaminación POR Trofia
ICOTEMP - Índice de Contaminación por temperatura
ICOpH - Índice de Contaminación por pH
ICOBIO - Índice Biótico
ICOTOX - Índice de Contaminación Tóxica

³⁵ FERNANDEZ, Nelson et al. Una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua. [En línea]. Universidad de Pamplona, 2004 [consultado 11 de julio de 2015]; Disponible en Internet: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2004/11082010/rev_bis_vol2_num2_art12.pdf

³⁶ ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. ICATEST v1.0. 1 archivo de computador.

³⁷ Ibid, ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua.

Figura 1. Índices de calidad y contaminación en ICATEST v1.0



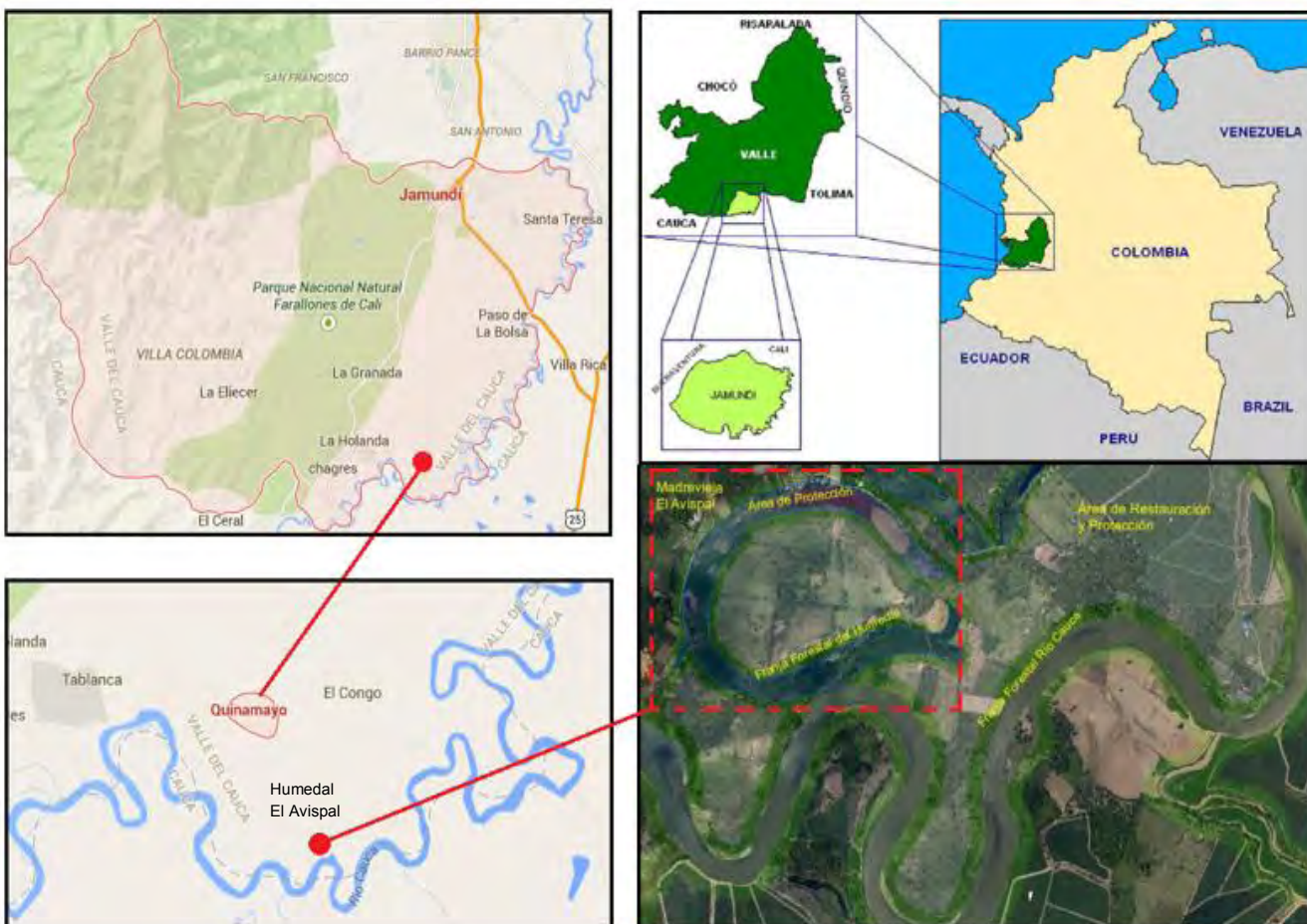
Fuente: Figura elaborada a partir de ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. ICATEST v1.0. 1 archivo de computador.

Estos índices de calidad de agua cada vez son más importantes, ya que toman información compleja y la sintetizan de manera que sea fácilmente entendible.

4.3 INFORMACIÓN BÁSICA DEL HUMEDAL EL AVISPAL

4.3.1 Ubicación Geográfica. El humedal El Avispal se localiza sobre la margen izquierda del Río Cauca, en la zona plana al sur del municipio de Jamundí, vereda El Avispal, corregimiento de Quinamayó, Departamento del Valle del Cauca. En la Figura 2 se presenta un esquema general de la localización del humedal.

Figura 2. Localización general del humedal El Avispal



Fuente: Figura elaborada a partir de POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. p 23
 Google Maps, Quinamayo, Valle del Cauca. [En línea], Santiago de Cali, 2014 [consultado 04 de Marzo de 2015]. Disponible en Internet: <https://www.google.it/maps/place/Quinamayo,+Jamund%C3%AD,+Valle+del+Cauca,+Colombia/@3.1281565,-76.5572487,16.75z/data=!4m2!3m1!1s0x8e30847ce296e603:0x433ba9a4fe2870d2>

4.3.2 Historia³⁸. La población Quinamayoreña es una comunidad negra proveniente del norte del Cauca, de los hombres y mujeres negras que fueron sometidos a una condición de esclavitud en las haciendas de Japio, Perico Negro y La Dominga. Inicialmente, llegaron al puerto de Cartagena en donde fueron distribuidos en el Cauca principalmente y en otras regiones del país, del Cauca también se desplazaban a la hacienda de la María y Cañas Gordas.

³⁸ Vásquez, Armando. Representante Legal de La Corporación Ambiental Palenque 5. Quinamayó, Jamundí. Historia del Humedal El Avispal, Comunicación personal (Narración), 2014.

Quinamayó es un vocablo indígena cuyo significado es pueblo a la orilla de la montaña o en la falda de la montaña; fue bautizado con este nombre ya que las primeras comunidades negras provenientes del Cauca se desplazaron por medio del río Quinamayó y llegaron el mes de mayo. Al llegar se encontraron con numerosos cultivos de quina, los cuales son específicos de comunidades indígenas y al ver las coincidencias deciden bautizar a este nuevo territorio como Quinamayó³⁹.

Esta comunidad luchó por la libertad y un territorio para que las futuras generaciones disfrutaran en paz y armonía del mismo. Además, este corregimiento no fue conquistado ni donado, fue comprado a los hacendados de la época y principalmente a la “viuda de lenny”, dueña de los terrenos que había heredado de su esposo, y a la cual se le pago con trabajo durante 39 años. Las primeras viviendas se construyeron en la vereda El Avispal ya que era una de las zonas más productivas y luego se fueron alejando un poco de esta zona ya que por allí pasaba el río Cauca⁴⁰.

La principal fuente de ingreso económico para esta población es basada en un agro sistema de finca tradicional; este sistema productivo fue traído desde África e implementado por sus ancestros en las haciendas a las que inicialmente fueron llevados para realizar dos actividades específicas; la primera consistía en la producción y extracción minera y la segunda en el cultivo y producción de la caña de azúcar⁴¹.

La población quinamayoreña no estaba de acuerdo con que los dueños de las haciendas tuvieran únicamente un cultivo, ya que ellos pertenecían a un territorio donde se producían diferentes cultivos para el sostenimiento de las familias, por lo que veían la necesidad de comenzar a cultivar en pequeñas áreas y garantizar la seguridad y autonomía alimentaria para ellos, los hacendados y los animales, y de esta manera cambiar el sistema de producción a uno más productivo, sostenible, comercial y económico⁴².

Quinamayó es un corregimiento culturalmente rico que ha ido perdiendo su cultura a causa de los nuevos modelos de civilización los cuales han afectado sus tradiciones, fiestas y creencias, aunque actualmente se conserva una de las prácticas más importantes llamada el nacimiento del niño Dios, la cual es celebrada en febrero⁴³.

³⁹ Ibíd., Vasquez, 2014.

⁴⁰ Ibíd., Vasquez, 2014.

⁴¹ Ibíd., Vasquez, 2014.

⁴² Ibíd., Vasquez, 2014.

⁴³ Ibíd., Vasquez, 2014.

4.3.3 Descripción General. El humedal El Avispal se encuentra localizado en las coordenadas geográficas 835,695 N y 1,059,102 E (Sistema IGAC), frente a la abscisa K 43 200 del río Cauca considerando la represa de Salvajina como la abscisa K0 000, es decir a 43 km de distancia. Este humedal está a una altitud de 970 msnm y posee un área de 19,75 ha de las cuales actualmente quedan 6,50 ha de espejo lagunar y 13,25 ha de vegetación emergente y/o flotante⁴⁴.

El río Cauca entre el embalse regulador de Salvajina y el humedal El Avispal, presenta la desembocadura de los ríos Timba y Desbaratado, los cuales poseen una gran dinámica morfológica y una alta sinuosidad permitiéndole al río Cauca una elevada movilidad y desplazamiento lateral, como también la interrupción o estrangulación de algunas curvas convirtiéndolas en depresiones de la planicie de inundación⁴⁵.

Después de la construcción de Salvajina en el año 1985, el humedal comenzó a perder conexión con el río Cauca cambiando la dinámica de los dos, disminuyendo la cantidad de peces y el caudal afluente al humedal. A finales del 2008 el río Cauca tuvo una reconexión superficial por el extremo sur del humedal en el cual fluía un porcentaje considerable del caudal del río, pero desde hace 3 años aproximadamente el humedal perdió nuevamente la conexión y es alimentado hídricamente por las lluvias precipitadas sobre el humedal, la escorrentía generada en el área aferente, el flujo del nivel freático y la influencia de las aguas residuales de la vereda El Avispal⁴⁶.

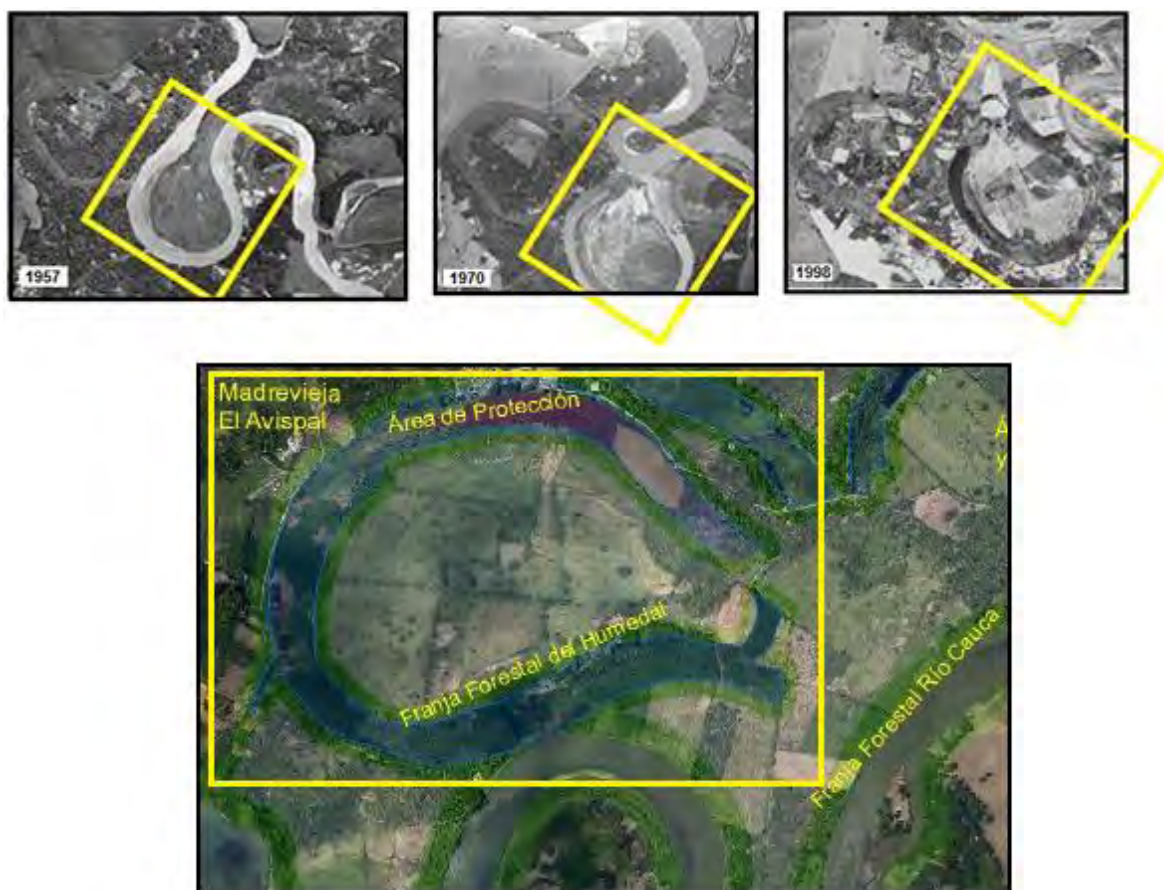
En la Figura 3, una fotointerpretación multitemporal en la cual se observan los cambios que ha tenido el humedal desde 1957 hasta el año 2014. En estas fotografías se puede observar que para 1957 únicamente existía el río Cauca el cual fluía por su cauce natural, en 1970 ya se había formado el humedal y este era alimentado por el río, lo que indicaba que un caudal significativo entraba al humedal y resto del caudal continuaba fluyendo por su cauce, para el año 1998 ya se comienza a ver una sectorización en los terrenos aledaños al humedal, los cuales para el año 2014 ya eran terrenos sedimentarios que impedían la conexión del humedal y el río Cauca.

⁴⁴ CVC. Ficha de caracterización del humedal Avispal o Carabalo. Descripción y ubicación general. [En línea], Santiago de Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2012 [consultado 04 de Marzo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>. 2012

⁴⁵ Ibíd., Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>.

⁴⁶ Ibíd., Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>.

Figura 3. Fotointerpretación multitemporal del Humedal El Avispal (1957 - 2014)



Fuente: Figura elaborada a partir de CVC. Ficha preliminar restauración Humedales Quinamayó, Herradura y Avispal. Colombia: Santiago de Cali, Base de datos de la institución, 2014.

4.3.4 Descripción Física. El humedal El Avispal se formó entre 1958 y 1970 debido al corte del meandro por la margen izquierda del río Cauca y la consolidación de un dique natural que interrumpió el flujo superficial de caudales hacia el antiguo cauce. Aunque en el extremo sur del humedal existe un canal natural el cual permite el flujo y reflujo de los caudales, este humedal está conformado por cuatro niveles de terrazas⁴⁷.

El primer nivel es un dique natural que corresponde a los depósitos del río Cauca formados particularmente durante la migración hacia el suroriente en 1970, actualmente el dique no posee un canal de alimentación y esta zona es considerada

⁴⁷ Ibíd., Disponible en Internet:

<http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>.

pantanosas o de aireación. El segundo nivel corresponde al área más cercana al río Cauca, esta es una zona inundable localizada en el sureste de la isla donde actualmente se ha construido una hacienda y también es utilizada para pastos. El tercer nivel ocupa la mayor proporción de la isla en el humedal y el último nivel de la terraza es el más bajo y está conformado por los depósitos de la isla⁴⁸.

La temperatura en el valle alto del río Cauca durante todo el año está alrededor de los 24°C; además, cuenta con un régimen de lluvias bimodal para los meses de marzo a junio y septiembre a diciembre en donde se presentan las mayores precipitaciones. Las precipitaciones máximas mensuales en esta zona varían en promedio entre 200 mm (aprox.) en el mes de abril y 40 mm (aprox.) en el mes de agosto.

La evaporación media mensual varía en promedio entre 73,6 mm para el mes de marzo y 149,6 mm para agosto; Con respecto a la humedad relativa no se presentan grandes variaciones y se reporta un valor medio mensual máximo para el mes de marzo del 84% y un mínimo del 69,2% para agosto⁴⁹.

4.3.5 Características Ecológicas. Según el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del humedal El Avispal para el año 2011 aproximadamente el 75% del espejo de agua estaba cubierto por plantas acuáticas como el buchón, pasto flotante, lechuguilla y pasto azolla. Este humedal cuenta con alta diversidad de aves, anfibios, mamíferos, reptiles y con un atractivo paisajístico tanto para la comunidad como para los visitantes⁵⁰.

Las macrofitas mencionadas anteriormente controlan los procesos ecológicos de la columna de agua, pero la abundancia de estas plantas limita la oxigenación en la interfase atmósfera-agua y el paso de la luz solar, afectando el desarrollo normal de la actividad fotosintética, conllevando a una disminución del oxígeno en las capas más profundas. La materia vegetal muerta en el humedal incrementa el nitrógeno y fósforo total favoreciendo la acumulación de sedimentos y formando una capa de detrito que en algunas partes del humedal alcanza más de 50 cm; este incremento

⁴⁸ Ibid., Disponible en Internet:

<http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>.

⁴⁹ Ibid., Disponible en Internet:

<http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>.

⁵⁰ POSSO et al, Op. cit., p 116-118.

también se debe a la actividad ganadera del humedal y posiblemente a los abonos utilizados en las actividades agrícolas que llegan por escorrentía⁵¹.

De acuerdo con los estudios realizados por CVC y FUNDACIÓN SOMOS AGUA Y PAZ y reportados en el PMA del humedal El Avispal, los macroinvertebrados dominantes en este humedal son: Pomacea, *Physa*, *Chironomus*, *Belostoma*, *Tubifex* y sanguijuelas, los cuales indican una condición ambiental de bajos niveles de oxígeno disuelto y altos valores de nitrógeno total que son atribuidos a impactos antrópicos.

A continuación se presentan las principales especies de fauna (Cuadro 5) y flora (Fuente: POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. p 23.

Cuadro 6) en el humedal El Avispal.

Cuadro 5. Principales especies de fauna en el humedal El Avispal⁵²

PRINCIPALES ESPECIES DE FAUNA	
Peces	Bocachico, Sardina, Gupis, Güilas, Corroncho, dos tipos de Mojarras, Tilapias nilotica y rendali.
Anfibios	<i>Leptodactylus colombiensis</i> (Leptodactylidae), <i>Colostethus fraterdanieli</i> (Dendro-Batidae) e <i>Hyla columbiana</i> (Hylidae), <i>Typhlonectes natans</i> (Typhlonectidae) y <i>H. columbiana</i> .
Reptiles	<i>Gonatodes albogularis</i> (Gekkonidae), <i>iguana</i> (Iguanidae), tortugas <i>Geochelone</i> (Testudinadae) y <i>Caiman cocodrilus</i> (Alligatoridae).
Aves	Espejo lagunar: Pato careto (<i>Anas discors</i>), iguaza (<i>Dendrocygna bicolor</i> y <i>D. autumnalis</i>). Zonas de cultivo: fringílido (<i>Volantina jacarina</i> , <i>Sicalis flaveola</i> , <i>Emberizoides herbicola</i>). Zonas de árboles: <i>Crotophaga ani</i> , el garrapatero, traupidos <i>Ramphocelus dimidiatus</i> y <i>Tangara vitriolina</i> .
Mamíferos	Se reportan 15 especies de mamíferos (7 familias, 5 órdenes), algunas de estas especies son: <i>Lontra longicaudis</i> (Mustelidae) y <i>Dasyprocta punctata</i> (Dasyproctidae),

⁵¹ Ficha de caracterización del humedal Avispal o Carabalo, Op. cit. Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>. 2012

⁵² POSSO, J et al. Op. cit. p 139-156.

Fuente: POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. p 23.

Cuadro 6. Principales especies de flora en el humedal El Avispal⁵³

PRINCIPALES ESPECIES DE FLORA	
Dominante en el espejo lagunar	Cyperaceae (<i>Cyperus</i>).
Dominante en la vegetación circundante	Cecropiaceae (<i>Cecropia</i>).
Subdominante en la vegetación circundante	Melastomataceae (<i>Miconia</i>) y Asteraceae (<i>Vernonia</i>).
Dominante en los potreros aledaños	Mimosaceae (<i>Mimosa</i>).
Cultivo dominante	Poaceae (<i>Saccharum officinalis</i>) y Poaceae (<i>Oryza sativa</i>)
Frutales	Cacao (<i>Theobroma cacao</i> , Sterculiaceae), Naranjas y Mandarinas (<i>Citrus</i> , Rutaceae), Papaya (<i>Carica papaya</i> , Caricaceae).

Fuente: POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. p 23.

4.3.6 Aspectos Demográficos⁵⁴. Según el Plan de Manejo Ambiental del humedal El Avispal, el centro poblado de Quinamayó está clasificado en estrato 1 y 2 de acuerdo con datos suministrados por el Sisben y la Oficina de Planeación Municipal de Jamundí; el estrato 1 cuenta con 1996 personas y el estrato 2 con 40 personas para un total de 2.036 habitantes de los cuales el 50,79% son hombres y 49,21% mujeres. Esta información es parcial teniendo en cuenta que no se incluye la población total de todo el corregimiento (centro poblado y área rural), debido a que el DANE no ha suministrado dicha información y por ende no se encuentra en las bases de consulta disponible.

Las principales actividades generadoras de empleo en la vereda El Avispal son la agricultura y la piscicultura, donde la mayoría de los hombres se dedican al cultivo y cuidado de sus fincas tradicionales como también a la pesca fuente abastecedora de alimento y de ingreso económico para las familias⁵⁵.

⁵³ Ibíd., p 126-128.

⁵⁴ Ibíd., p 209-210.

⁵⁵ Ibíd., p 209-210.

Actualmente se presenta una problemática en la vereda El Avispal y es el crecimiento descontrolado de los monocultivos de caña de azúcar y arroz, ya que estas generan una tasa de empleo muy baja y perjudican directamente a gran parte de la población⁵⁶.

Por último, el tipo de asentamiento poblacional en la vereda es disperso, teniendo en cuenta que el uso que le da la comunidad al suelo es para fincas tradicionales. Esta vereda cuenta con 120 predios de los cuales 106 son de finca tradicional y 14 de actividades como monocultivos, viveros y terrenos baldíos pertenecientes a personas externas a la comunidad que los alquilan⁵⁷.

4.3.7 Educación. De acuerdo con el boletín del censo general del año 2005 del municipio de Jamundí, la tasa de alfabetismo para la población rural es del 85,6%, donde aproximadamente el 14,4% de la población mayor a 4 años no sabe leer ni escribir⁵⁸.

Actualmente la vereda El Avispal no cuenta con una institución educativa, por lo que es necesario que los niños y jóvenes de esta vereda se desplacen hasta el centro poblado del corregimiento de Quinamayó ubicado a pocos minutos. La institución etnoeducativa Sixto María Rojas situada en la zona urbana, cuenta con dos sedes las cuales ofrecen educación a nivel preescolar, básica primaria y secundaria. El porcentaje de deserción es muy bajo y los estudiantes que se gradúan de la secundaria salen con el perfil de bachiller técnico industrial⁵⁹.

Finalmente, dependiendo de las condiciones económicas de los familiares de los estudiantes, se toma la decisión de continuar sus estudios de educación superior universitaria o técnica en el municipio de Santiago de Cali principalmente.

4.3.8 Salud⁶⁰. En la cabecera del corregimiento de Quinamayó se cuenta con una sede del hospital piloto de Jamundí conocido como la “Botica Comunitaria”, este hospital ofrece una atención convencional básica a la población tanto rural como urbana del corregimiento y no cuenta con un servicio especializado, por lo que los habitantes, para situaciones de mayor cuidado deben dirigirse hacia la cabecera municipal.

⁵⁶ Ibid., p 209-210.

⁵⁷ Ibid., p 209-210.

⁵⁸ DANE. Boletín Censo General 2005 [en línea]. Santiago de Cali: 2005 [consultado 08 de Febrero de 2015]. Disponible en Internet: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/valle/jamundi.pdf>

⁵⁹ POSSO, J et al. Op. cit. p 211-212.

⁶⁰ Ibid., p 212.

4.3.9 Vivienda⁶¹. Según Armando Vásquez quinamayoreño y representante legal de la corporación ambiental Palenque 5, la vereda El Avispal es la zona más poblada del corregimiento con aproximadamente 35 viviendas. Los materiales utilizados para la construcción de estas viviendas son principalmente ladrillo, bloque y bahareque, teniendo en cuenta que estas viviendas son construidas en fincas tradicionales cuentan con espacios grandes y buena ventilación e iluminación. En el corregimiento se cuenta con aproximadamente 520 viviendas y se estima una población de 5.200 habitantes de los cuales el 93% son comunidades negras. Actualmente este corregimiento ha sido tomado como lugar de descanso para las poblaciones cercanas, modificando la parte estructural de las viviendas y el paisajismo al que los quinamayoreños estaban acostumbrados⁶².

4.3.10 Servicios Públicos⁶³. La empresa prestadora del servicio de agua potable para la comunidad de Quinamayó es Acuasur, la cual brinda una distribución permanente mediante las conexiones hidráulicas domésticas y cubre el 80% del corregimiento. La vereda El Avispal cuenta con 7 aljibes construidos en ladrillo y cemento con una profundidad aproximada de 4m, que funcionan como un sistema complementario de abastecimiento para el riego de cultivos de pan coger.

Actualmente la cabecera del corregimiento cuenta con un sistema de alcantarillado, pero no se realiza ningún tratamiento del agua residual antes de ser vertida al río Cauca. En el caso de la vereda El Avispal no se cuenta con un servicio de alcantarillado, por lo que la mayoría de los propietarios se ha encargado de dar soluciones individuales a las aguas provenientes de los baños mediante pozos sépticos. Las aguas grises originadas en lavaderos y cocina no son tratadas, sino que son vertidas directamente a los humedales del corregimiento o al río Cauca⁶⁴.

EPSA E.S.P es la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica en la vereda El Avispal. Aunque se cuenta con postes y cableado instalado, el fluido eléctrico solo llega hasta algunas viviendas y se interrumpe con frecuencia, siendo un servicio irregular, por lo que algunos habitantes se ven obligados a utilizar velas y mecheros de ACPM o petróleo. Por último, no existe un alumbrado público en los caminos y callejones, pero este es facturado y cobrado a la comunidad quinamayoreña⁶⁵.

La recolección de los residuos sólidos generados únicamente en el centro urbano del corregimiento, la realiza la empresa de aseo público EmJamundí, siendo una

⁶¹ Vasquez. Op. cit., 2014.

⁶² Ibid., Vasquez, 2014.

⁶³ POSSO et al, Op. cit., p 240.

⁶⁴ Ibid., p 214.

⁶⁵ Ibid., p 214.

cobertura muy baja y presentando problemas de continuidad. En la vereda El Avispal los habitantes tienen un sistema básico de manejo y disposición final de los residuos sólidos, algunas personas realizan compostaje con el material orgánico, otras entierran estos residuos. En el caso del material inorgánico generado en estos predios es quemado, enterrado o depositado en el humedal, generando un impacto negativo en el ambiente⁶⁶.

4.3.11 Infraestructura Vial. La vía que comunica los corregimientos de Villa Paz y Quinamayó se encuentra pavimentada hasta el primer corregimiento, mientras que la vía Quinamayó – Robles no cuenta con pavimento; sin embargo la infraestructura vial con la que cuenta el corregimiento de Quinamayó tiene pavimentado algunos tramos internos los cuales son de importancia para la comunidad. Estos tramos son la vía principal que atraviesa el corregimiento y la manzana que encierra la cancha en donde se congrega la gente para los eventos deportivos y la fiesta tradicional del niño Dios en febrero; estas vías también tienen conexión con el puesto de salud, el coliseo en donde se practica boxeo y las dos sedes de la institución etnoeducativa Sixto María Rojas⁶⁷.

4.3.12 Aspectos Culturales⁶⁸. Los trámites religiosos como bautizo, primera comunión, confirmación y matrimonio son realizados en el centro urbano de Quinamayó, mientras que los registros civiles y escrituración se realizan en el municipio de Jamundí. Cada uno de estos rituales es celebrado con festividades.

Las diferentes religiones cuentan con un espacio en el cual pueden llevar a cabo su ritual, en este corregimiento existen católicos, testigos de Jehová, pentecostés y misioneros. Los muertos son llevados a pie hasta el cementerio del centro urbano de Quinamayó y en el camino se realizan rituales con cánticos como la salve, el rosario y los rezos. El cementerio es el principal lugar sagrado y es dividido en tres partes, la primera es destinada para los niños menores a 5 años, la segunda para los evangélicos, testigos de Jehová, pentecostés y misioneros y la tercera parte es para los católicos⁶⁹.

Algunos de los mitos y tradiciones del corregimiento eran las creencias del duende, la pata sola, las brujas y la candileja. Por tradición se consideraba que una mujer con el periodo menstrual no podía entrar al cultivo ya que podía dañarlo, como tampoco se les permitía estar presente en la preparación del dulce de manjar blanco porque podía llegar a cortar o cuajar la leche. En cuanto a los alimentos perecederos especialmente la carne era enterrada en totumos de barro bajo tierra para su conservación⁷⁰.

⁶⁶ Ibid., p 215.

⁶⁷ Ibid., p 215.

⁶⁸ Ibid., p 219.

⁶⁹ Ibid., p 219.

⁷⁰ Ibid., p 220.

En las ceremonias fúnebres se realizaban algunos rezos en la casa del difunto y posteriormente se hace una novena acompañada de rezos en las noches. En el caso que el muerto fuera un niño se practicaba el bunde, el cual consiste en un ritual en el humedal o en las calles del corregimiento donde se contaba con la participación de los niños en el velorio y en el entierro⁷¹.

Las fiestas tradicionales que se realizan actualmente en Quinamayó son dos, la primera es la adoración del niño Dios y la segunda es la Semana Santa, las dos cuentan con un alto contenido de religiosidad y respeto por sus creencias. La fiesta de la adoración del niño Dios se realiza a inicios del mes de febrero de cada año, siendo la celebración más esperada por los Quinamayoreños ya que en esta convergen elementos culturales de la religión católica como el ceremonial religioso y el baile de la Jugu de los antiguos esclavos⁷².

El patrimonio cultural de este corregimiento se enfoca en la gastronomía afrocolombiana representada en platos típicos, dulces y plantas medicinales. De los cuales cabe resaltar la riqueza vegetal para conjugar el sabor, color y olor de condimentos como el pipilongo, jengibre, achiote, albahaca, tomillo, polo entre otros. De la diversidad de peces nativos como el barbudo, bagre, bocachico y jetudo, se realizan exquisitos sancochos y sudados, y además conservan tradiciones como la preparación de los dulces como el casabe, desamargado, dulce de higuillo, granadilla, grosella, breva, manjar blanco, champús, masatos y envueltos⁷³.

En las fechas especiales como navidad, semana santa y el día de las madres se disfrutaban con la diversidad de platos preparados, degustados y compartidos entre vecinos y familiares. Antiguamente la persona que no asistía a la fiesta tradicional se le guardaba la comida y así estuviese en estado de descomposición esta era llevada hasta su casa y allí quedaba comprometido en realizar la siguiente fiesta, a esta práctica tradicional se le llamaba la Quema⁷⁴.

⁷¹ *Ibíd.*, p 220.

⁷² *Ibíd.*, p 221.

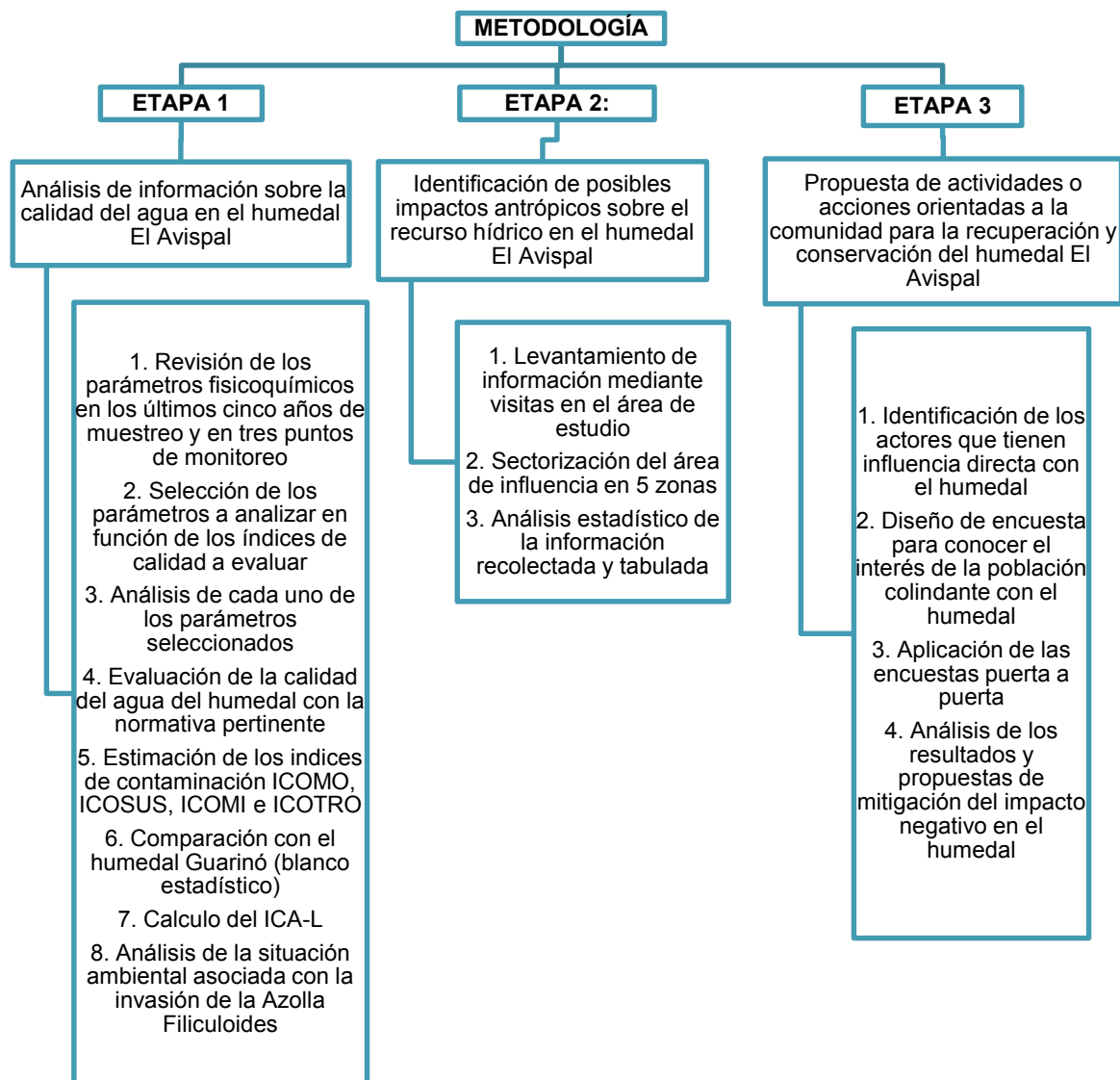
⁷³ *Ibíd.*, p 222.

⁷⁴ *Ibíd.*, p 223.

5. METODOLOGÍA

El diagnóstico del recurso hídrico y componente social del área de influencia del humedal El Avispal tiene como objetivo analizar información de la calidad del agua en el humedal, identificando los impactos antrópicos en el recurso hídrico y proponiendo actividades o acciones para la recuperación y conservación del humedal. Con el fin de articular la información necesaria para el diagnóstico del humedal, el proyecto fue desarrollado en tres etapas; en la Figura 4 se presenta un esquema general de la metodología del proyecto.

Figura 4. Esquema general de la metodología del proyecto



A continuación se presenta una descripción de cada etapa.

5.1 ETAPA 1: Análisis de información sobre la calidad del agua en el humedal El Avispal. En esta etapa se efectuó una revisión de los análisis fisicoquímicos realizados por funcionarios del laboratorio ambiental de la CVC, en la cual se tuvieron en cuenta las últimas cinco fechas de muestro (Años 2006, 2007, 2010, 2011 y 2012), las tres estaciones de monitoreo (norte, sur y centro) y el periodo de medición que durante las fechas ya mencionadas fue seco.

En la Figura 5 se pueden observar los puntos de monitoreo ubicados en el espejo lagunar, los cuales han sido delimitados en color amarillo. Los puntos han sido denominados Norte, Sur y Centro.

Figura 5. Estaciones de monitoreo en el humedal El Avispal



Fuente: Figura elaborada a partir de CVC. Ficha preliminar restauración Humedales Quinamayó, Herradura y Avispal. Colombia: Santiago de Cali, Base de datos de la institución, 2014.

La etapa de diagnóstico se dividió en tres fases que permitieron recolectar la información.

En la **primera fase** se realizó una revisión general de los parámetros fisicoquímicos presentados en el informe del laboratorio ambiental de CVC “análisis fisicoquímico del humedal El Avispal”. A partir de esta revisión se seleccionaron los parámetros fisicoquímicos necesarios para realizar el análisis de calidad del agua en el humedal. En función de los índices a evaluar (ICA-L, ICOMO, ICOSUS, ICOMI e ICOTRO) se seleccionaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Parámetros seleccionados para realizar el análisis de la calidad del agua del humedal

PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	✓	✓	✓
Temperatura	C	✓	✓	✓
Turbiedad	NTU	✓	✓	✓
Solidos Totales	mg ST/l	✓	✓	✓
DBO ₅	mg O ₂ /l	✓	✓	✓
DQO	mg O ₂ /l	✓	✓	✓
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	✓	✓	✓
Conductividad Especifica	µS/cm	✓	✓	✓
Fosfatos	mg PO ₄ /l	✓	✓	✓
Fósforo Total	mg P/l	✓	✓	✓
Nitrógeno Total	mg N/l	✓	✓	✓
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	✓	✓	✓
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	✓	✓	✓
Coliformes Totales	NMP/100 ml	✓	✓	✓

De acuerdo con lo anterior se realizó el análisis de cada uno de los parámetros seleccionados, teniendo en cuenta las fechas y puntos de monitoreo en el humedal. En el análisis se buscó interpretar el comportamiento año a año del humedal e identificar las zonas con mayor grado de perturbación.

Por último, teniendo en cuenta el Decreto 3930 de 2010 se realizó la evaluación de la calidad del agua en el humedal, considerando los criterios admisibles para la destinación del recurso en fines recreativos mediante contacto primario y secundario.

Para el caso de los vertimientos generados al humedal por parte de la población aledaña, no se realizó un análisis detallado debido a que no se contó con caracterizaciones del agua residual.

En relación con el capítulo IV “De la destinación genérica de las aguas superficiales, subterráneas y marinas” del Decreto 3930 de 2010, se definieron los posibles usos del agua del humedal el Avispal como se mencionó anteriormente.

Con base en el en el artículo 20, capítulo V “De los criterios de calidad para la destinación del recurso” de este mismo Decreto, El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) dentro de los dieciocho (18) meses contados a partir de la publicación del presente Decreto, definirá los criterios de calidad para el

uso de las aguas superficiales, subterráneas y marinas⁷⁵. Teniendo en cuenta que el MAVDT a la fecha no ha definido los criterios de calidad, se decidió realizar la evaluación de la calidad del agua mediante los artículos 42 y 43, capítulo IV del Decreto 1594 de 1984. A continuación se presenta el Cuadro 8 con los criterios de calidad admisible del Decreto 1594 de 1984 que aplican en el humedal El Avispal.

Cuadro 8. Criterios de calidad admisible para la destinación del recurso en fines recreativos del Decreto 1594 de 1984

PARAMETROS	UNIDADES	CONTACTO PRIMARIO	CONTACTO SECUNDARIO
pH	Unidad	5,0 – 9,0 Unidad	5,0 – 9,0 Unidad
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	70% concentración de saturación	70% concentración de saturación
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	200 microorganismos/100 ml	-
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,000 microorganismos/100 ml	5,000 microorganismos/100 ml.
Compuestos Fenólicos	Fenol	0,002	-
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	0,5	0,5

Fuente: COLOMBIA. SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Decreto 1594 de 1984 (Junio 26). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos [en línea]. Bogotá D.C, 1984. [Consultado 14 de abril de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

En la **segunda fase** se realizó una valoración de los índices de contaminación colombianos ICOMO, ICOSUS e ICOTRO en cada una de las estaciones y fechas de monitoreo, también se realizó con el índice ICOMI para el años 2012, el cual

⁷⁵ COLOMBIA. SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Decreto 3930 de 2010 (Octubre 25). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones [en línea]. Bogotá D.C, 2010. [Consultado 14 de abril de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

presentó la información completa para aplicar este índice. Es importante mencionar que estos ICO fueron propuestos por Ramirez et al. (1997).

En el Cuadro 9 se presentan los parámetros necesarios para calcular los índices de contaminación mencionados.

Cuadro 9. Parámetros necesarios para calcular los índices de contaminación ICOMO e ICOSUS

ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
Conductividad	DBO ₅	Solidos Totales	Fósforo Total
Dureza	Coliformes Fecales		
Alcalinidad	Oxígeno Disuelto		

A continuación, se presentan las ecuaciones para los índices de contaminación mencionados anteriormente:

$$\text{ICOMI}^{76} = 1/3 (I_{\text{Conductividad}} + I_{\text{Dureza}} + I_{\text{Alcalinidad}})$$

Ecuación 3

Donde,

- $I_{\text{Conductividad}} = 10^{-3.26 + 1.34 \log(\text{conductividad})}$. Si conductividad > 270 µS/cm, entonces $I_{\text{Conductividad}} = 1$.
- $I_{\text{Dureza}} = 10^{-9.09 + 4.4 \log(\text{Dureza})}$. Si dureza > 110 mg/l, entonces $I_{\text{Dureza}} = 1$, pero si dureza < 30 mg/l, entonces $I_{\text{Dureza}} = 0$.
- $I_{\text{Alcalinidad}} = -0.25 + 0.005 \text{ Alcalinidad}$. Si la alcalinidad > 250 mg/l, entonces $I_{\text{Alcalinidad}} = 1$, pero si la alcalinidad < 50 mg/l, entonces $I_{\text{Alcalinidad}} = 0$.

$$\text{ICOMO}^{77} = 1/3 (I_{\text{DBO}_5} + I_{\text{Colif Total}} + I_{\text{Oxígeno}})$$

Ecuación 4

Donde,

- $I_{\text{DBO}_5} = -0.05 + 0.70 \log(\text{DBO}_5)$, si $\text{DBO}_5 > 30 \text{ mg/l}$, entonces $I_{\text{DBO}_5} = 1$, pero si $\text{DBO}_5 < 2 \text{ mg/l}$, entonces $I_{\text{DBO}_5} = 0$.
- $I_{\text{Colif Total}} = -1.44 + 0.56 \log(\text{Colif Total})$. Si coliformes totales > 20000 NMP/100 ml, entonces $I_{\text{Colif Total}} = 1$, pero si coliformes < 500 NMP/100 ml, entonces $I_{\text{Colif Total}} = 0$.
- $I_{\text{Oxígeno}} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno } (\%)$. Si Oxígeno (%) mayor al 100%, $I_{\text{Oxígeno}} = 0$.

⁷⁶ CVC. Identificación de parámetros críticos en el río Cauca y sus principales ríos tributarios, tramo Salvajina – La Virginia. Santiago de Cali, 2002. 1 archivo de computador

⁷⁷ Ibid., p 59

$$\text{ICOSUS}^{78} = -0.02 + 0.003 \text{ Sólidos Suspendidos}$$

Ecuación 5

- Si sólidos suspendidos mayores a 340 mg/l, entonces ICOSUS = 1, pero si sólidos suspendidos menores a 10 mg/l, entonces ICOSUS = 0.

ICOTRO⁷⁹ = A diferencia de los índices anteriores, en los cuales se determina un valor particular entre 0 y 1, la concentración de fósforo se define por categorías:

Oligotrofia	< 0.01 mg/l
Mesotrofia	0.01-0.02 mg/l
Eutrofia	0.02-1.00 mg/l
Hipereutrofia	>1.00 mg/l

Teniendo en cuenta que para determinar el estado del humedal era necesario comparar como un blanco estadístico, se tomó como base el humedal Guarinó el cual se encuentra ubicado en el mismo corregimiento, ya que presentaba un menor grado de perturbación y un mayor espejo de agua⁸⁰. Esta comparación se realizó por medio de un análisis gráfico el cual permitió visualizar la variación de cada uno de los índices de contaminación del humedal El Avispal con respecto al humedal Guarinó interpretando el grado de contaminación.

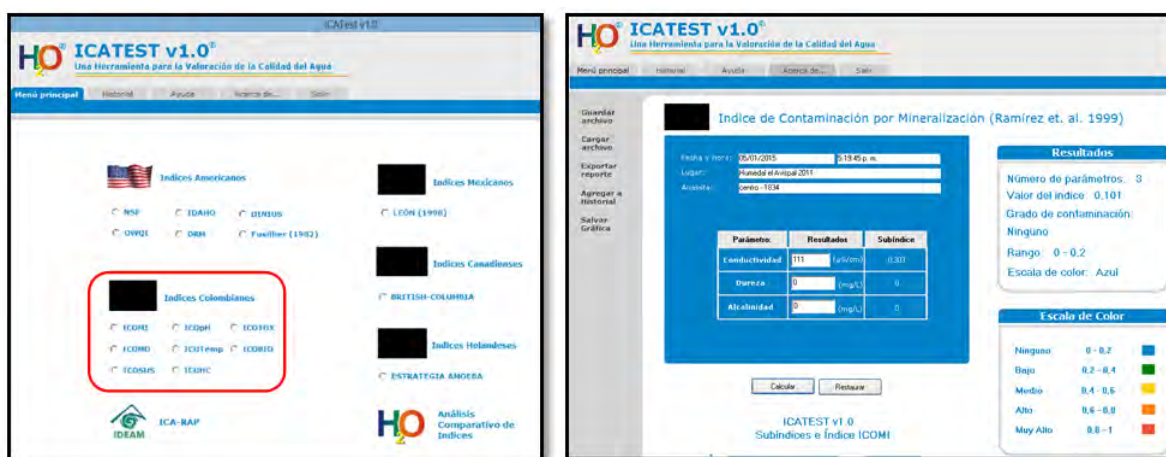
La Figura 6 muestra brevemente la interfaz del software ICATEST v1.0, herramienta utilizada para el cálculo del ICOMO, ICOSUS e ICOMI. Esta herramienta también permite calcular diferentes índices de calidad y contaminación. En la Figura 6 se presenta un ejemplo de la interfaz para el cálculo del ICOMI.

⁷⁸ Ibid., p 60

⁷⁹ Ibid., p 60

⁸⁰ RODRIGUEZ COLLAZOS, Gabriel. Evaluación funcional del estado de los humedales el Cabezón, el Estero y Guarinó asociados a la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. CVC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

Figura 6. ICATEST v1.0 herramienta para la valoración de la calidad del agua



Fuente: ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. ICATEST v1.0. 1 archivo de computador.

Por último se calculó el índice de calidad de agua modificado para el manejo de lagunas tropicales de inundación (Ecuación 2). La estimación del ICA – L se realizó en las tres zonas y en los cinco años de monitoreo. A continuación, en el Cuadro 10 se presentan las variables necesarias para el cálculo del ICA – L.

Cuadro 10. Parámetros necesarios para la estimación del ICA – L

PARAMETROS	NORTE	CENTRO	SUR
stO2 (%)	✓	✓	✓
SS (mg SD/l)	✓	✓	✓
pH (Unidades)	✓	✓	✓
DQO (mg O ₂ /l)	✓	✓	✓
NO ₃ (mg NO ₃ /l)	✓	✓	✓
Ptotal (mg P/l)	✓	✓	✓
T (°C)	✓	✓	✓
Ct (µS/cm)	✓	✓	✓

Una vez obtenido los valores de cada una de las variables (Cuadro 12 -16), se procedió a calcular un puntaje Q para cada una de ellas. Dónde: stO₂, SS, pH, NO₃ y Ct, se hallaron gráficamente por medio de las curvas de función propuestas en el literal 1.1.2 del capítulo tres de los índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial⁸¹ y presentados en los Anexos A, B, C y D.

⁸¹Universidad de Pamplona. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial [en línea]. Colombia: 2010 [consultado 23 de Junio de 2015]. Disponible en

En el caso de DQO, P_{total} y T, el puntaje Q se estimó teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

$Q_{DQO} = 9156,7 DQO^{-14375}$	Ecuación 6
$Q_{Ptotal} = 0,0041 P_T^2 - 1,5268 P_T + 137,11$	Ecuación 7
$Q_T = -0,9848 T^2 + 53,513 T - 630,07$	Ecuación 8

Estas ecuaciones fueron tomadas de las funciones de calificación obtenidas para el índice de calidad del agua para el manejo de lagunas de inundación, del estudio realizado por Pérez y Rodríguez (2008)⁸². Es importante mencionar que para hallar el Q_{Ptotal} de cada uno de los 5 años monitoreados, el promedio fue necesario multiplicarlo por 1.000 y de esta manera calcular un valor Q gráficamente como se puede observar en el Anexo F.

En relación con lo anterior se procedió a calcular el ICA – L para cada uno de los años monitoreados, por medio de la Ecuación 2. Para finalizar con la estimación del ICA – L, los valores encontrados fueron comparados con el Cuadro 4 para conocer el estado de la calidad del agua durante los años de monitoreo.

Teniendo en cuenta que uno de los principales problemas ambientales que ha sufrido el humedal es la eutrofización, en la **tercera fase** se presenta el análisis de la situación ambiental asociada con la invasión de la *Azolla filiculoides* en el humedal, evento que inicio aproximadamente hace 8 años. Las actividades realizadas para el análisis fueron:

- Revisión de documentación para conocer cómo se introdujo esta planta flotante en el humedal El Avispal.
- Identificación de la problemática ambiental que presenta el humedal a causa de la invasión de la Azolla.

5.2 ETAPA 2: Identificación de posibles impactos antrópicos sobre el recurso hídrico en el humedal El Avispal. Se realizó un levantamiento de información mediante una visita realizada en el área colindante con el humedal, el cual tenía como objetivo la identificación de los posibles vertimientos líquidos y/o sólidos y las

Internet:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

⁸² PEREZ y RODRIGUEZ, Op. Cit. p 4.

actividades agrícolas que probablemente estuviesen generando un impacto negativo en el humedal.

Se definió como área de influencia 1 km a la redonda del humedal teniendo en cuenta los 30 m del área de protección establecidos en el artículo 83, literal b del Decreto 2811 de 1974 y en el artículo 14 del Decreto 1541 de 1978 y los 70 m restantes de los predios.

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario sectorizar el área de influencia en 5 zonas (

Figura 7) y realizar el recorrido completando el Cuadro 11 con la información que se obtenga de los dueños de los predios o con lo observado durante la visita.

Figura 7. Sectorización del humedal El Avispal



Fuente: Figura elaborada a partir de CVC. Ficha preliminar restauración Humedales Quinamayó, Herradura y Avispal. Colombia: Santiago de Cali, Base de datos de la institución, 2014.

Después de completar el Cuadro 11 se realizó un análisis estadístico en el cual se identificó la zona de mayor afectación y de esta manera tomar algunas medidas de control. Este análisis se realizó mediante una gráfica circular la cual permitió

interpretar en porcentajes y secciones cada una de las zonas con sus respectivas actividades.

Cuadro 11. Caracterización de vertimientos por zonas y actividades

ZONA	VERTIMIENTOS LIQUIDOS				VERTIMIENTOS SOLIDOS	ACTIVIDADES AGRICOLAS			OBSERVACIONES
	Domésticos	Agrícolas	Industriales	Comerciales		Caña de azúcar	Finca tradicional	Criadero de ganado	
1									
...									
5									
TOTAL									

5.1.3 ETAPA 3: Propuesta de actividades o acciones orientadas a la comunidad para la recuperación y conservación del humedal El Avispal. En la primera fase se realizó una identificación de la población que tiene influencia directa con el humedal (comunidad asentada) y los líderes comunitarios.

La identificación fue realizada mediante un recorrido en el área de influencia, para el cual se contó con el acompañamiento del líder comunitario Armando Vásquez habitante de Quinamayó y representante legal de la Corporación Ambiental Palenque 5, quien facilitó el acceso a la información y la interacción con los dueños de los predios colindantes con el humedal.

En la **segunda fase** se diseñó una encuesta con el fin de conocer el interés de la población aledaña con el humedal y de esta manera identificar y plantear algunas acciones que permitan la vinculación y participación de los habitantes, en futuros proyectos que se realicen en esta zona. Esta encuesta constaba de 8 preguntas abiertas y de fácil comprensión para el público objetivo, a continuación se presenta el esquema:

- ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?
- ¿Qué es para usted un humedal?
- ¿Por qué cree usted que es importante la protección de los humedales?
- ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?
- ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?
- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?

- ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?
- ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal?
¿Por qué?

Para la aplicación de las encuestas fue necesario el apoyo de la Corporación Ambiental Palenque 5, ya que actualmente ellos cuentan con un programa de capacitación y de talleres para el aprendizaje y concientización de la comunidad quinamayoreña.

De acuerdo con la información recolectada en la visita realizada en el área de influencia del humedal en la etapa 2 de este proyecto, se realizó nuevamente el recorrido para aplicar la encuesta puerta a puerta en los 13 predios colindantes al humedal. Luego de obtener la información suministrada por las personas encuestadas, se realizó el análisis de los resultados y se generó un plan de acción para mitigar el impacto negativo que se está generando en el humedal.

6. RESULTADOS

6.1 ETAPA 1: Análisis de información sobre la calidad del agua en el humedal El Avispal

Del Cuadro 12 al Cuadro 16 se presentan los valores de los tres puntos de monitoreo para los años 2006 a 2012 para un periodo de medición seco, reportados por el laboratorio de la CVC.

Cuadro 12. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2006

2006 – Periodo Seco				
PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	6,68	6,65	6,58
Temperatura	C	23,40	23,90	23,90
Turbiedad	NTU	13,00	16,00	11,00
Sólidos Totales	mg ST/l	134,00	149,00	161,00
DBO ₅	mg O ₂ /l	4,22	6,10	2,56
DQO	mg O ₂ /l	23,47	21,12	24,81
Oxígeno Disuelto	mg O/l	<0,50	<0,50	<0,50
Conductividad Especifica	µS/cm	144,30	156,20	174,70
Fosfatos	mg PO ₄ /l	0,060	0,060	0,090
Fósforo Total	mg P/l	0,128	0,111	0,039
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	<0,40	<0,40	<0,40
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2,3 x 10 ²	9,3 x 10 ¹	7,2 x 10 ¹
Coliformes Totales	NMP/100 ml	3,9 x 10 ³	1,5 x 10 ²	7,5 x 10 ²

Cuadro 13. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2007

2007 – Periodo Seco				
PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	7,6	-	7,7
Temperatura	C	22,90	-	23,70
Turbiedad	NTU	70,00	-	5,00
Sólidos Totales	mg ST/l	250,00	-	159,00

Cuadro 13. (Continuación)

PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
DBO ₅	mg O ₂ /l	16,56	-	4,78
DQO	mg O ₂ /l	131,30	-	33,70
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	<0,50	-	<0,50
Conductividad Específica	µS/cm	174,40	-	174,40
Fosfatos	mg PO ₄ /l	0,019	-	0,019
Fósforo Total	mg P/l	0,311	-	0,07
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	<0,40	-	0,52
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1,1 x 10 ⁵	-	9,3 x 10 ²
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2,4 x 10 ⁵	-	2,4 x 10 ³

Cuadro 14. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2010

2010 – Periodo Seco				
PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	6,83	6,89	6,84
Temperatura	C	23,8	24,0	23,5
Turbiedad	NTU	101	100	96,0
Solidos Totales	mg ST/l	136	149	153
DBO ₅	mg O ₂ /l	8,45	10,9	7,68
DQO	mg O ₂ /l	15,8	18,8	25,7
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0,94	0,676	0,892
Conductividad Específica	µS/cm	153	154	156
Fosfatos	mg PO ₄ /l	<0,0640	<0,0640	<0,0640
Fósforo Total	mg P/l	0,078	0,169	0,0934
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	<0,114	<0,114	<0,114
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	6,6 x 10 ⁵	4,3 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁵
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,1 x 10 ⁶	9,3 x 10 ⁴	2,4 x 10 ⁵

Cuadro 15. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2011

2011 – Periodo Seco				
PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	6,78	6,82	6,71
Temperatura	C	25,0	25,0	25,0
Turbiedad	NTU	169	182	175
Solidos Totales	mg ST/l	36,0	90,0	119
DBO ₅	mg O ₂ /l	3,11	3,67	3,83
DQO	mg O ₂ /l	11,4	18,1	20,6
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	4,74	4,38	3,75
Conductividad Especifica	µS/cm	104	111	122
Fosfatos	mg PO ₄ /l	<0,0640	<0,0640	<0,0640
Fósforo Total	mg P/l	0,0927	0,176	0,168
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	<0,114	<0,114	<0,114
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	-	-	-
Coliformes Totales	NMP/100 ml	1,5 x 10 ⁴	3,9 x 10 ⁴	2,8 x 10 ⁴

Cuadro 16. Parámetros seleccionados con sus respectivos valores en el año 2012

2012 – Periodo Seco				
PARAMETROS	UNIDADES	NORTE	CENTRO	SUR
pH	Unidad.	7,42	7,31	7,23
Temperatura	C	27,3	27,9	27,4
Turbiedad	NTU	83,0	87,0	85,0
Solidos Totales	mg ST/l	155	251	162
DBO ₅	mg O ₂ /l	3,93	4,65	3,56
DQO	mg O ₂ /l	48,6	41,0	33,1
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	4,59	3,97	2,18
Conductividad Especifica	µS/cm	179	177	180
Fosfatos	mg PO ₄ /l	<0,0640	<0,0640	<0,0640
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	0,423	0,426	0,425
Fósforo Total	mg P/l	0,258	0,386	0,271
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	9,1 x 10 ²	1,5 x 10 ³	4,3 x 10 ³
Coliformes Totales	NMP/100 ml	9,3 x 10 ³	4,3 x 10 ³	9,3 x 10 ³

6.1.1 Análisis de los parámetros seleccionados y evaluación de la calidad del agua del humedal con la normativa pertinente

A continuación se presenta un análisis detallado de cada uno de los parámetros seleccionados teniendo en cuenta las cinco fechas y los tres puntos de monitoreo en el humedal. Además, se realizó una evaluación de la calidad del agua teniendo en cuenta los criterios admisibles del Decreto 1594 de 1984 para la destinación del recurso en fines recreativos mediante contacto primario y secundario.

- **pH**

El pH es una medida que denota el grado de acidez o alcalinidad en una sustancia, varía entre 0 y 14 donde 7 es un pH neutro, inferior a 7 es ácido y superior a 7 básico⁸³. En los ecosistemas acuáticos el pH está en función de la cantidad de CO₂ disuelto y constituye un indicador del metabolismo de las comunidades biológicas, haciendo referencia a su fotosíntesis y respiración⁸⁴. Roldan y Ramírez (2008)⁸⁵ señalan que los lagos y ciénagas de las partes bajas tropicales presentan rangos de pH más amplios entre 5,0 y 9,0 dependiendo de su estado trófico y su alcalinidad.

De acuerdo con la Figura 8 el pH del agua del humedal El Avispal se encuentra en un rango entre 6,58 y 7,70 unidades. La mínima variación del pH no perjudica la vida acuática ya que se encuentra en un rango entre 6,5 y 8,0, donde se desarrolla la biota acuática⁸⁶. En relación con el rango obtenido se cumple con los límites establecidos en el Decreto 1594 de 1984 para la destinación del recurso en fines recreativos de contacto primario y secundario.

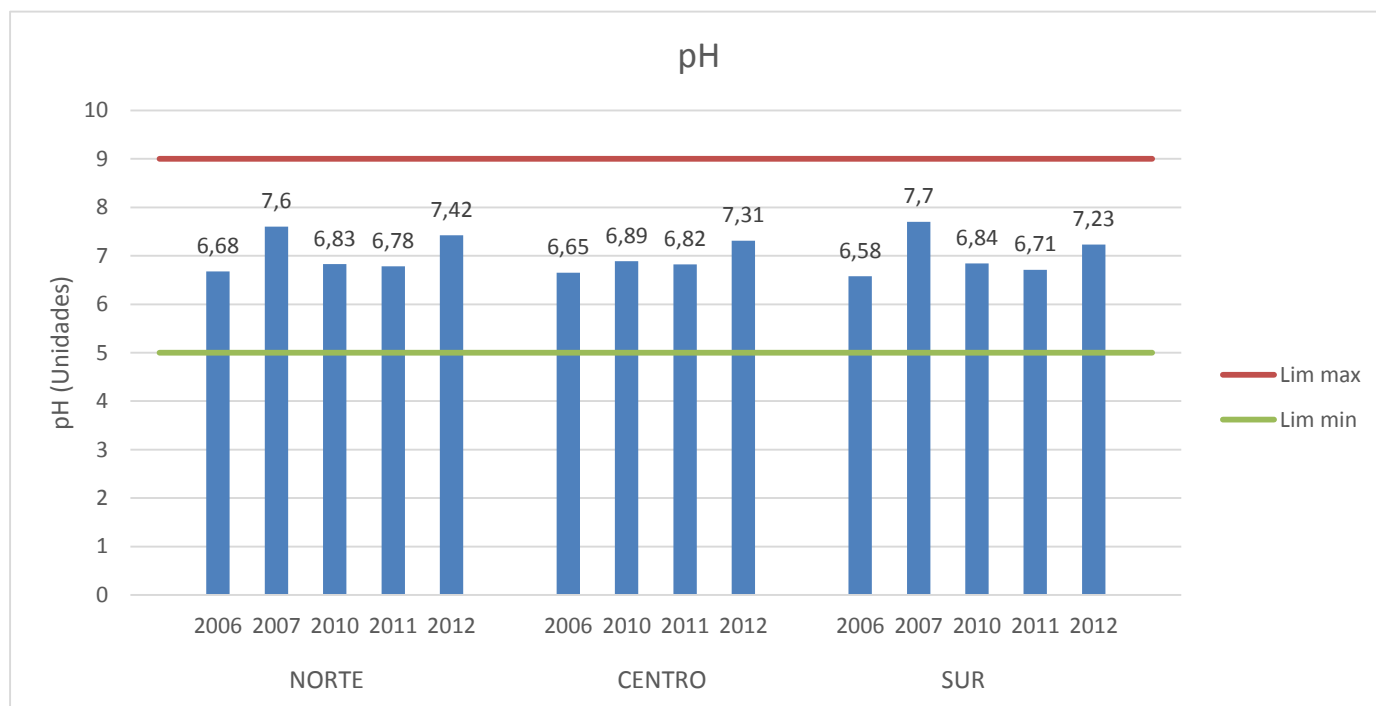
⁸³ Environmental Protection Agency [en línea]. ¿Qué es el pH?, 2012 [consultado 05 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html>

⁸⁴ PEÑA, Enrique et al. Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: Estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca. 1 ed. Cali: Programa Editorial, 2012. p 82.

⁸⁵ ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. Fundamentos de limnología neotropical. 2 ed. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. p 206.

⁸⁶ PEREZ y RODRIGUEZ, Op. Cit., p 8.

Figura 8. Valores históricos del pH en el humedal El Avispal



• Temperatura

La temperatura es un factor abiótico que regula procesos vitales para los organismos vivos, así como también afecta las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos en un ecosistema⁸⁷. Los humedales presentan considerables variaciones debido a la estratificación estacional, las precipitaciones, el desagüe y el viento.

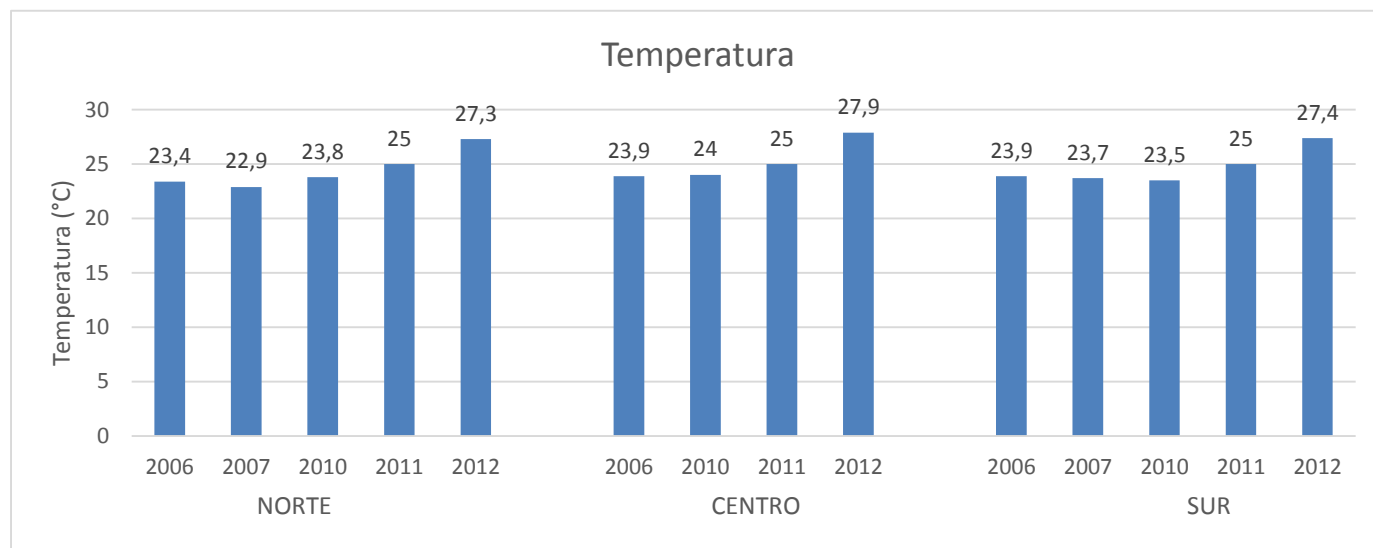
Teniendo en cuenta que los muestreos se realizaron en periodos secos y horarios diurnos con presencia de radiación solar, el espejo de agua elevó su temperatura debido a la transmisión de energía calórica a la masa líquida. De la Figura 9 se observó que el rango de temperatura se encuentra entre 22,9 y 27,9 °C, un rango amplio de 5°C que aumentó considerablemente en el último año de medición.

De acuerdo con la normativa trabajada durante el documento no se presentan límites de temperatura, sin embargo el aumento de la temperatura por la poca

⁸⁷ MASSOL, Arturo. Parámetros fisicoquímicos: Temperatura [en línea]. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez [consultado 05 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf>

presencia de lluvias durante los últimos dos años de medición puede incidir en la supervivencia de algunas especies acuáticas⁸⁸.

Figura 9. Valores históricos de la temperatura en el humedal El Avispal



• Turbiedad

La turbiedad en el agua es la reducción de su transparencia ocasionada por el material particulado en suspensión, como arcillas, limos, plancton o material orgánico finamente dividido, que se mantiene en suspensión por su naturaleza coloidal o por la turbulencia que genera el movimiento⁸⁹.

La excesiva turbiedad (> 2 NTU)⁹⁰ afecta la cantidad de luz que penetra al agua, interfiriendo en el proceso fotosintético, reduciendo la actividad biológica del ecosistema e inhibiendo el desarrollo de microorganismos del fitoplancton. Así mismo se ve reflejado en el desove de los peces, ya que estos deben recorrer varios kilómetros de distancia para realizar esa actividad, teniendo en cuenta que el grado de polución afecta ese ciclo vital para la vida del ecosistema⁹¹.

⁸⁸ Ibíd., p 70.

⁸⁹ Universidad de Antioquia. Capítulo 6: Turbidez [en línea]. Medellín: 2014 [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20Acuicola/Calidad%20de%20Aguas/6.Turbidez.pdf>

⁹⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, título C. Bogotá D.C: ministerio de desarrollo económico. 2000. P 184.

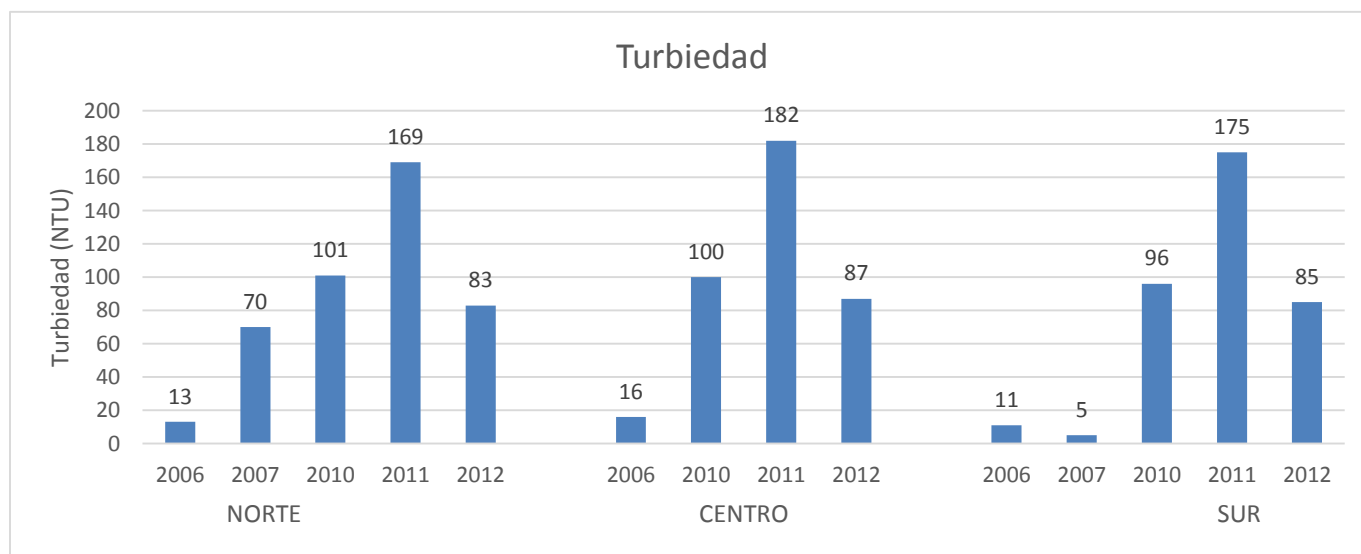
⁹¹ POSSO et al, Op. cit., p 173.

De la Figura 10 se observó que para el año 2006 la turbiedad en los tres puntos del humedal se encontraba en un rango entre 11 y 16 NTU, mientras que para los años 2007 y 2010 se observó un incremento significativo por encima de las 100 NTU. Sin embargo en el año 2011 se alcanzó el mayor rango de turbiedad presentando valores entre 169 y 182 NTU. El PMA argumenta que este incremento se debió a una reconexión entre el cauce del Río Cauca y la zona norte del humedal a finales del año 2008, aportando turbidez y sedimentos al humedal.

En el año 2012 se presentó una disminución de la turbiedad alcanzando valores entre 83 y 85 NTU. Esta disminución se relacionó nuevamente con la pérdida de la conexión entre el Río Cauca y el humedal a finales del año 2011, aproximadamente un año antes de la fecha de muestreo del 2012. De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 para destinación del recurso hídrico con fines recreativos no se restringen valores de turbiedad, pero de acuerdo con el artículo 45 del mismo Decreto, para la destinación del recurso para la preservación de flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.

De igual manera, Chapman (1996) menciona que el valor típico en aguas superficiales es <1000 UNT. Aunque el rango propuesto por Chapman es amplio, la turbiedad presente en el humedal El Avispal cumple con el límite, con un valor máximo de 182 NTU.

Figura 10. Valores históricos de la turbiedad en el humedal El Avispal



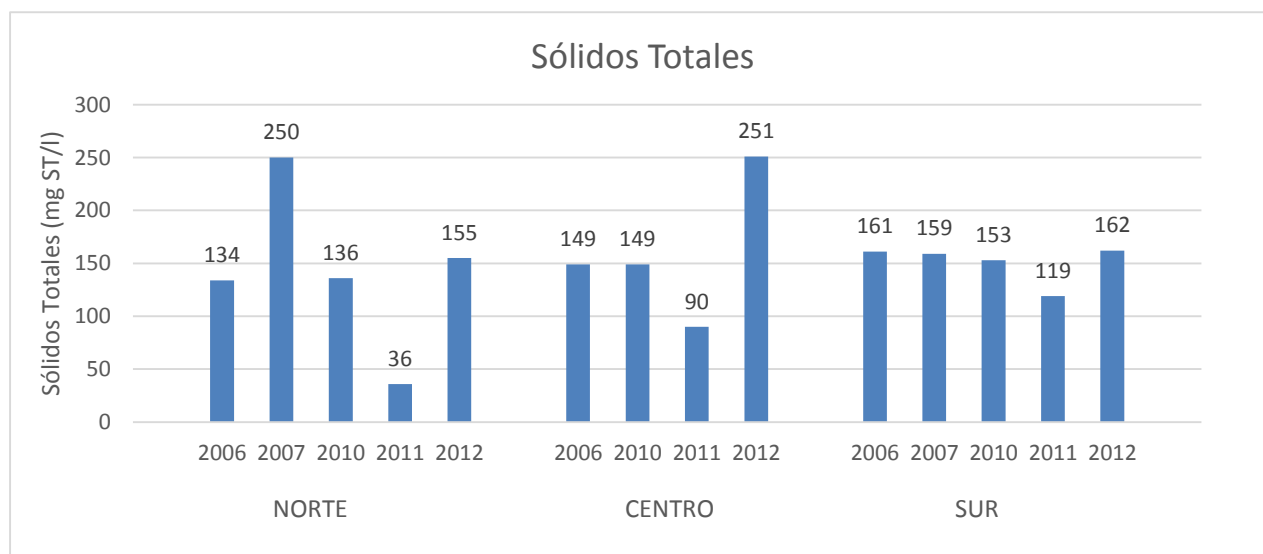
- **Sólidos Totales**

Los sólidos totales hacen referencia al material en suspensión y disuelto que le confieren una carga contaminante tanto orgánica como inorgánica al agua; en la Figura 11 se presentan los valores históricos de los sólidos totales en el humedal, para el año 2011 estos valores presentaron el menor rango entre 36 y 119 mg ST/l; mientras que para el año 2007 en la zona norte del humedal y el año 2012 en la zona centro del humedal superaron valores de 240 mg ST/l.

Según Funecorobles (2005), los valores superiores a 130 mg ST/l se relacionan con las erosiones prolongadas del suelo como consecuencia de la deforestación del humedal, la cual ha originado la pérdida de cobertura vegetal que ayuda a elevar la carga de sedimentos especialmente de carácter mineral, también se ve reflejado en las quemas realizadas a orillas del humedal y las actividades pecuarias⁹².

En términos generales se pudo observar que el humedal presenta una elevada concentración de sólidos, afectada principalmente por las actividades de deforestación y posiblemente por la descarga de agua residual doméstica, los cuales le confieren una calidad deficiente, teniendo en cuenta documentos de referencia como el Decreto 1594 de 1984 y Chapman (1996).

Figura 11. Valores históricos de los sólidos totales en el humedal El Avispal



⁹² FUNECOROBLES, Op. cit., p 119.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) mide la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana heterogénea⁹³. Este indicador es importante para el control de la contaminación de las corrientes donde la carga orgánica se debe restringir para mantener los niveles deseados de oxígeno disuelto⁹⁴. El aporte de carga orgánica acelera la proliferación de bacterias y otros organismos acuáticos que agotan el oxígeno, provocando que algunas especies de peces y otras especies acuáticas deseables ya no puedan vivir en las aguas donde están presentes dichos microorganismos.⁹⁵

En relación con la Figura 12, los valores de DBO₅ se encuentran en un rango entre 2,56 y 16,56 mg O₂/l, siendo el año 2007 con la zona de muestreo norte el registro más alto y el año 2006 con el valor mínimo en la zona sur del monitoreo. De acuerdo con Chapman (1996), la calidad del agua del humedal con respecto a este parámetro se clasifica como una fuente contaminada, ya que supera el límite <2,0 mg O₂/l. En el año 2007 zona norte y 2010 zona centro, se evidenciaron valores mayores a 10 mg/l, considerándose aguas impactadas por descargas de aguas residuales particularmente cerca del punto de descarga.

Adicionalmente Kadlec y Caballero (1996) reportan que los niveles de DBO₅ en sistemas acuáticos naturales pueden variar entre 1 y 13 mg O₂/l, pero los ambientes altamente eutróficos podrían llegar teóricamente a demandas aún más altas alcanzando los 20 mg O₂/l⁹⁶. Con base en lo anterior, el humedal para los últimos dos años de medición disminuyó notablemente la DBO₅, lo que podría significar una disminución de la materia orgánica. Esto se puede asociar con la implementación de pozos sépticos en algunos de los predios aledaños al humedal que realizaban descargas directas de aguas residuales domésticas; no obstante, se observa que aún es necesario realizar acciones que permitan disminuir en mayor proporción el aporte de materia orgánica biodegradable que sigue afectando la calidad del recurso hídrico del humedal.

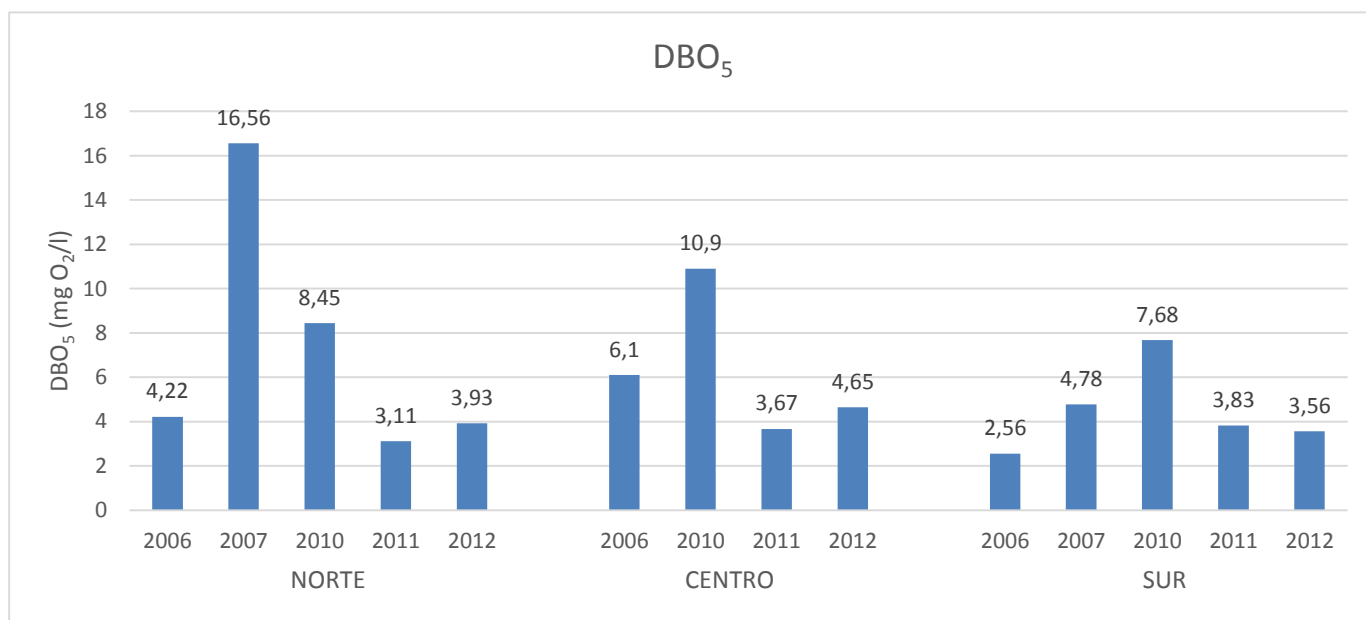
⁹³ LEÓN GIL, Carlos. Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respiro métrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico. Trabajo de grado Tecnólogo Químico. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología, 2009. p 6.

⁹⁴ SAWYER, Clair y McCARTY, Perry. Química para ingeniería ambiental. 4a edición. Mc Graw Hill: Colombia, 2001. p. 586. Citador por: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las masas de agua. [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/62%20HM%20DBO%20continental%203.pdf

⁹⁵ COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. p 31-45. Citador por: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las masas de agua. [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/62%20HM%20DBO%20continental%203.pdf

⁹⁶ Kadlec RH, Caballero RL. Treatment Wetlands. Crc Press Primer Edition. 1996. p 928.

Figura 12. Valores históricos de DBO₅ en el humedal El Avispal



- **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica e inorgánica existente en la muestra, que es oxidable por un agente químico oxidable fuerte. Este parámetro analítico de polución mide el material orgánico e inorgánico en una muestra líquida mediante oxidación química.⁹⁷

De acuerdo con la Figura 13 la DQO se encuentra en un rango entre 11,4 y 131,3 mg O₂/l. En el año 2007 la zona norte del humedal presentó el máximo valor de concentración de DQO, mientras que para el año 2010 en la misma zona se observó el valor mínimo de concentración de este parámetro.

Este comportamiento muestra que al igual que con la materia orgánica biodegradable (medida como DBO₅), se puede observar que la descarga de agua residual doméstica sobre el humedal, está generando un impacto significativo que se refleja en elevados valores de DQO en el humedal.

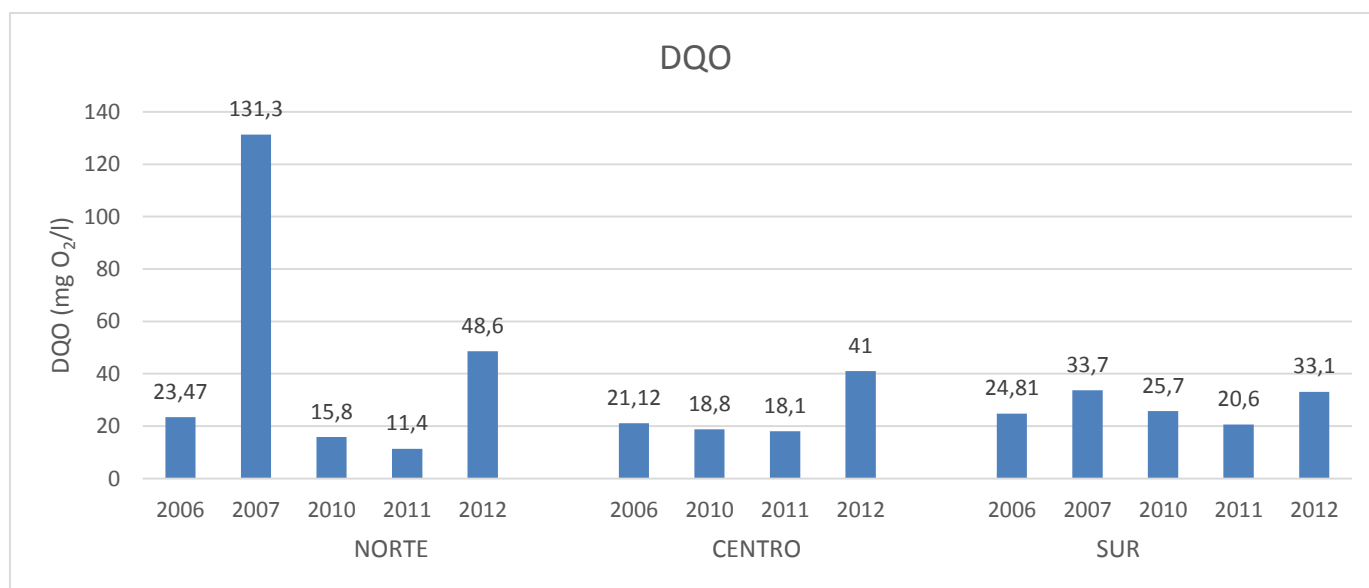
Considerando que el humedal es una fuente de agua natural el cual presenta valores de DQO altos, se realiza una revisión bibliográfica en la cual Martínez.

⁹⁷ POSSO et al, Op. cit., p 179.

et al (2009) menciona que una DQO entre 10 y 20 mg O₂/l es un agua superficial de buena calidad con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, entre 20 y 40 mg O₂/l es un agua superficial aceptable con indicio de contaminación, que tiene la capacidad de autodepuración o que cuenta con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente y entre 40 y 200 mg O₂/l es una fuente superficial contaminada con descargas de aguas residuales crudas principalmente de origen municipal.

De acuerdo con la clasificación planteada por Martínez et al. (2009), las zonas norte y sur del 2010 y 2011 presentaron un agua de buena calidad, pero en la zona sur presentaron un agua aceptable con indicio de contaminación al igual que el año 2006 en las tres zonas del humedal y en la zona sur de los años 2007 y 2012. La zonas centro y norte del 2012 y norte de 2007 clasificaron como una fuente superficial contaminada principalmente por aguas residuales de origen doméstico.

Figura 13. Valores históricos de DQO en el humedal El Avispal



El índice de biodegradabilidad o relación DBO₅/DQO indica la susceptibilidad a la biodegradación, indicando la cantidad de sustancias que se degradan biológicamente, los valores menores a 0,3 indican que las sustancias no son biodegradables, entre 0,3 y 0,7 poco biodegradable, entre 0,7 y 0,8 biodegradable y mayor a 0,8 muy biodegradable⁹⁸.

⁹⁸ ARDILA, A et al. Degradación fotocatalítica de materia orgánica no biodegradable presente en efluentes de la industria farmacéutica. [En línea]. Medellín: Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: <http://aiquruguay.org/congreso/download/P17.pdf>

Cuadro 17. Relación DBO₅/DQO en el humedal El Avispal

RELACIÓN DBO ₅ /DQO			
AÑO	NORTE	CENTRO	SUR
2006	0,18	0,29	0,10
2007	0,13	-	0,14
2010	0,53	0,58	0,30
2011	0,27	0,20	0,19
2012	0,08	0,11	0,11

De acuerdo con el Cuadro 17 se observó que la relación DBO₅/DQO para las zonas norte, centro y sur del 2010 había presencia de sustancias poco biodegradables, mientras que en las zonas norte y sur los años 2006, 2007, 2011 y 2012 en las tres zonas de monitoreo presentaron sustancias no biodegradables. Esto indica que durante los 5 años de medición se han presentado más sustancias no biodegradables biológicamente, se pueden relacionar con los vertimientos de las aguas residuales domésticas y agrícolas.

- **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial para lagos y riachuelos saludables. El nivel de OD es un indicador que permite conocer que tan contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de OD son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir⁹⁹.

La mayor parte del oxígeno disuelto en el agua proviene del oxígeno en el aire que se ha diluido en el agua principalmente en los tributarios de las lagunas. Otra parte es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas y otros factores que también afectan los niveles de OD. El área del espejo de agua cubierta por macrofitas influye considerablemente en los valores de oxígeno disuelto, ya que estas no favorecen el intercambio de oxígeno con la atmosfera¹⁰⁰. Cabe resaltar que las mediciones se realizaron entre las 11:00 am y las 2:00 pm, hora en que las macrofitas y algas realizan su proceso de fotosíntesis.

Teniendo en cuenta que algunas de las mediciones de este parámetro no presentan un valor exacto, se trabajó con el valor máximo reportado en los

⁹⁹ PEÑA, Op. cit., p 80.

¹⁰⁰ Ibíd., p 80.

análisis fisicoquímico realizado por el laboratorio de la CVC. La Figura 14 muestra la variabilidad del oxígeno disuelto en el humedal el Avispal, en el cual se presentan fluctuaciones entre 0,50 y 4,74 mg O₂/l. Para el año 2011 en la zona norte se registró el mayor valor de OD, mientras que para los años 2006 y 2007 en la mayoría de los puntos de muestreo se presentaron concentraciones menores a 0,50 mg O₂/l.

En relación con los primeros tres años de medición las concentraciones son inferiores a 0,9 mg O₂/l. Esto quiere decir que el humedal durante esos periodos secos, se consideraba como un sistema con muy bajo contenido de OD que no tenía la capacidad de sostener formas superiores de fauna y flora, puesto que el valor mínimo recomendado para garantizar una actividad biológica estable en el humedal es de 2,0 mg/l¹⁰¹.

Adicionalmente, en el Decreto 1594 de 1984 se establece un valor de 4,0 mg O₂/l en aguas dulces cálidas para la preservación de flora y fauna, y Goyenola (2007) menciona que las condiciones de hipoxia en los humedales se cumplen en un rango de 0 a 5 mg O₂/l. Lo que quiere decir que para los años 2011 y 2012 en las zonas norte y centro se cumple con la concentración mínima para la preservación de flora y fauna, igualmente se debe considerar que el humedal en general se encuentra en condiciones hipóxicas y de acuerdo con Moore (2008), estas condiciones son normales en los humedales y los organismos están adaptados a tales bajas de oxígeno¹⁰².

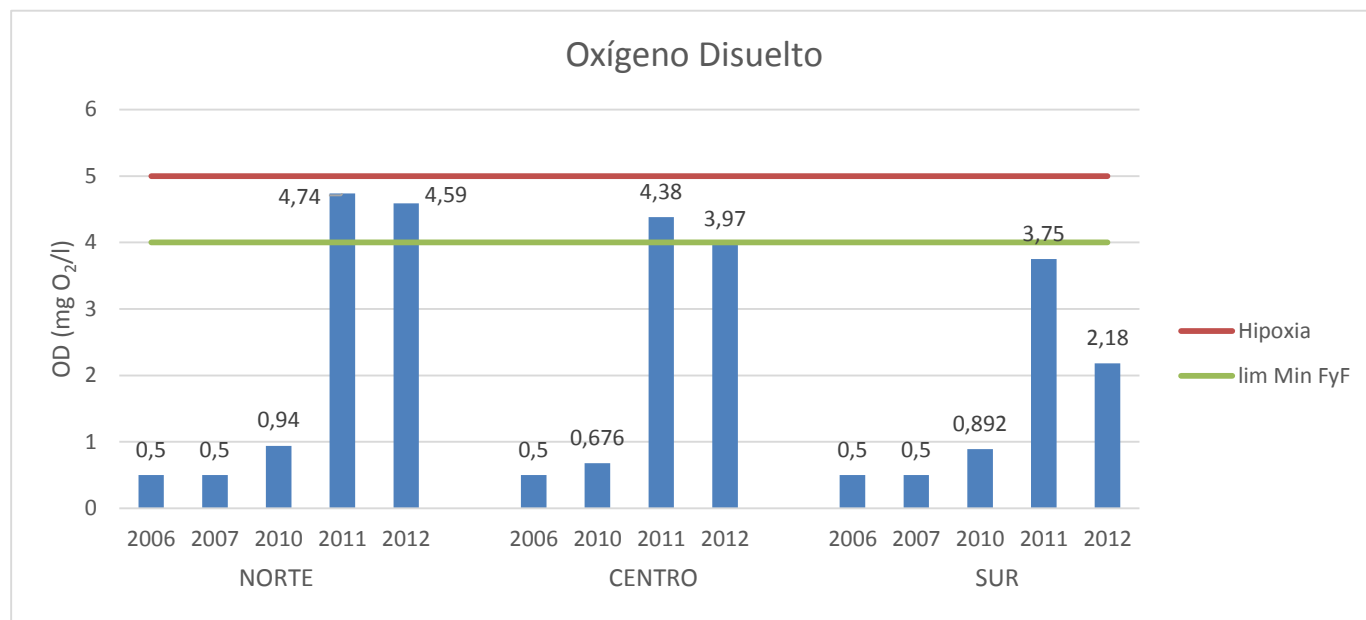
Por último, las concentraciones de oxígeno disuelto no superan el porcentaje de saturación (70%) estimado en el Decreto 1594 de 1984, para el uso recreativo del recurso mediante contacto primario y secundario. En el año 2011 zona norte se presentó el mayor porcentaje de saturación con un valor de 58%, mientras que para el año 2007 la zona norte registró el porcentaje más bajo de saturación con 5,97%. (En el Anexo H, se presenta los valores del Porcentaje de saturación para los tres puntos de muestreo)

Esa mejoría en la concentración de oxígeno disuelto muestra que el humedal a pesar de todo tiene una capacidad de recuperación, que si bien no es la más elevada, permite mantener unos niveles de OD los cuales evitan que desaparezca completamente la flora y fauna del humedal, como también algunos organismos y especies resistentes a las condiciones de hipoxia.

¹⁰¹ POSSO, J et al. Op. cit. p 182.

¹⁰² Moore P. Wetlands, Revised edition. Facts On File, New York. 2008. p 270.

Figura 14. Valores históricos de Oxígeno Disuelto en el humedal El Avispal



- **Conductividad Específica**

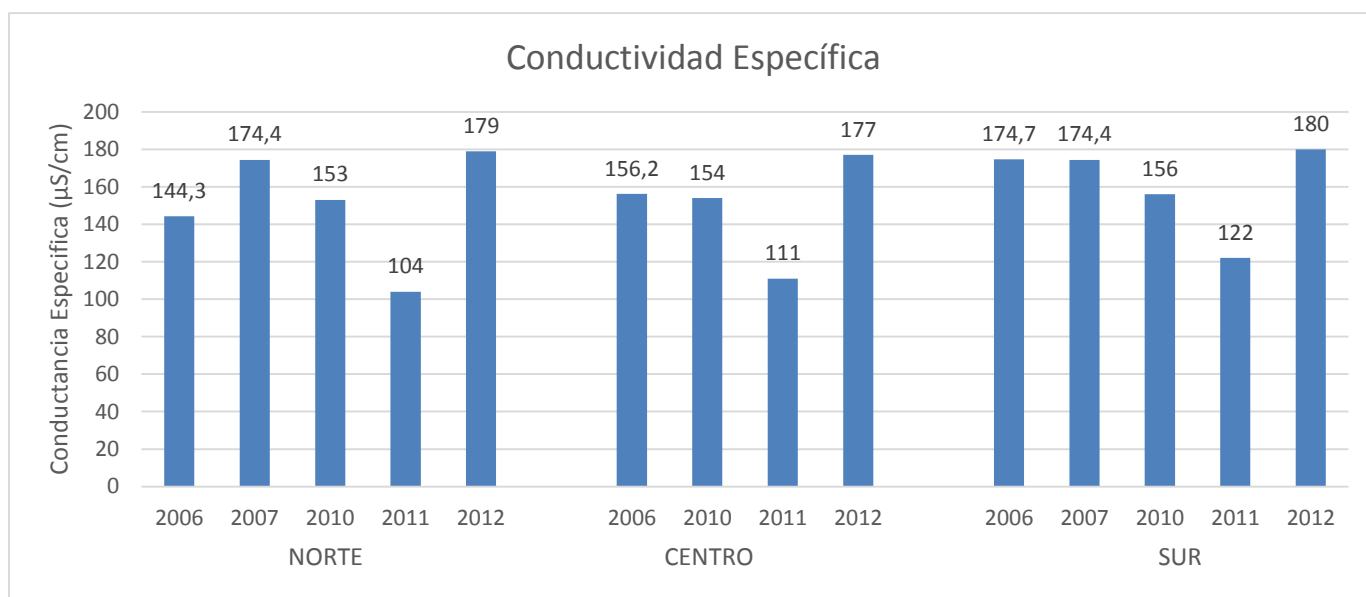
La Conductividad específica evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, midiendo la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce principalmente se encuentra determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua en la cuenca. La conductividad tiene una relación directa con la presencia de sustancias que permiten el flujo de electrones en un medio acuoso¹⁰³.

De la Figura 15 se observó que los valores de Conductividad se encuentran en un rango entre 104 y 180 $\mu\text{S/cm}$. Para los primeros 3 años de monitoreo se presentaron valores de conductividad entre 144,3 y 174,7 $\mu\text{S/cm}$, pero en el año 2011 la conductividad en los tres puntos del humedal disminuyó considerablemente alcanzando valores entre 104 y 122 $\mu\text{S/cm}$, mientras que para el año 2012 se observó un incremento significativo por encima de las 175 $\mu\text{S/cm}$. Estas variaciones se relacionan directamente con las cantidades de sólidos totales disueltos (STD), en el momento que los STD disminuyen (Anexo J) la conductividad se ve afectada reduciendo su valor; ocurre lo contrario en los años donde los STD incrementaron y por lo tanto la conductividad también se eleva.

¹⁰³ PEÑA, Enrique et al. Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: Estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca. Op. cit. p 72.

De acuerdo con la normativa no se presentan límites máximos o mínimos permisibles; sin embargo, el PMA reporta que las concentraciones de sustancias disueltas en el humedal se encuentran dentro del rango de agua natural (50 – 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Según Villarreal (2000) las aguas colombianas son generalmente de baja conductividad con un valor menor a 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ¹⁰⁴, esto quiere decir que el humedal está entre una baja y media conductividad. Además, Torres et al. (2011), menciona que los valores superiores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indican posibles condiciones estresantes para los organismos acuáticos¹⁰⁵, lo que permite concluir que la conductividad presente en el humedal no alcanza afectar negativamente los ecosistemas acuáticos.

Figura 15. Valores históricos de Conductividad Específica en el humedal El Avispal



• Fósforo Total

El fósforo es un elemento esencial para la vida como un factor clave limitador de nutrientes; sin embargo, contribuye junto con el carbono y el nitrógeno a la eutrofización de lagos y otros cuerpos de agua. Este elemento se encuentra en

¹⁰⁴ VILLAREAL, Jaime. CUCUNUBÁ: Modelo para un desarrollo sostenible [En línea]. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2000 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: https://books.google.com.co/books?id=LOpB_Y6eKd4C&pg=PA33&lpg=PA33&dq=que+pasa+cuan+do+la+conductividad+es+alta+en+los+ecosistemas+acuaticos&source=bl&ots=Uyrb2jr46_&sig=KPYRAKvL28lcJ16d8U8QD0fjqIM&hl=es&sa=X&ei=bX2jVd2_MMv2oATEoYm4Dg&ved=0CCsQ6AEwAg#v=onepage&q&f=true

¹⁰⁵ TORRES, Fredy y PINILLA, G. Revisión de las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la región de la Mojana” [En línea]. Universidad Nacional de Colombia, 2011 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6180/1/gabrielpinilla.2011.pdf>

aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados y fosfatos orgánicos.

En Colombia la aplicación indiscriminada de abonos en la agricultura se ve reflejada en una carga extra de nutrientes como el fósforo. Estos abonos son lavados y llegan a ríos, lagos y humedales que promueven el avance del proceso de eutrofización. Actualmente, la mayoría de los humedales de Colombia se encuentran en proceso de colmatación y eutrofización por la influencia de sustancias alóctonas, como el fósforo proveniente de la actividades humanas¹⁰⁶.

Las concentraciones históricas de fósforo total en el humedal El Avispal (Figura 16) en periodos secos han sido en promedio entre 0,039 y 0,386 mg P/l. De acuerdo con el PMA del humedal El Avispal la concentración de fósforo en aguas naturales varía entre 0,01 y 1 mg P/l, aguas residuales domésticas entre 1 y 15 mg P/l, aguas de drenaje agrícola entre 0,05 y 1 mg P/l y para aguas superficiales de lagos entre 0,01 y 0,04 mg P/l. En relación con lo anterior, se infiere que los niveles de concentración de fósforo en el humedal son originados de los drenajes agrícolas de los cultivos colindantes con este ecosistema, trayendo consigo la eutrofización y desecación del humedal, lo cual pudo evidenciarse con la elevada presencia plantas acuáticas en el humedal.

La relación Nitrógeno: Fósforo (N/P) se utiliza para definir el elemento limitante en el crecimiento de las plantas acuáticas; es decir, el elemento que desaparece o es consumido más rápido. Cuando el cociente N/P es menor a 9 el nitrógeno es el elemento limitante, cuando N/P es mayor a 9 el fósforo es quien controla y cuando la relación N/P es igual a 9 existe un equilibrio entre estos nutrientes¹⁰⁷. La concentración de fósforo total (Figura 17) y nitrógeno (Anexo Q) en el humedal, posiblemente es causada tanto a los vertimientos de origen doméstico en forma de contaminación puntual, o como resultado de prácticas agrarias y ganaderas en forma de contaminación difusa¹⁰⁸.

De acuerdo con la Figura 17, se observó que únicamente en el año 2012 la proliferación de plantas acuáticas en el humedal El Avispal fue limitado por nitrógeno, mientras que para los demás años el elemento limitante fue el fosforo con valores muy superiores.

¹⁰⁶ BELTRÁN, Julio y RANGEL, J. Modelación del estado trófico del humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 2013 [consultado 11 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/34785/40220>

¹⁰⁷ SALAS, Henry y MARTINO, P. Curso de eutrofización en lagos cálidos tropicales: Enfoque del problema de eutrofización, Santo Domingo, República Dominicana. CEPIS, 1996 [consultado 11 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd33/sala13/041477-enfoqueeutrofizacion.pdf>

¹⁰⁸ PEÑA et al, Op. cit., p 181.

Figura 16. Valores históricos de Fósforo Total en el humedal El Avispal

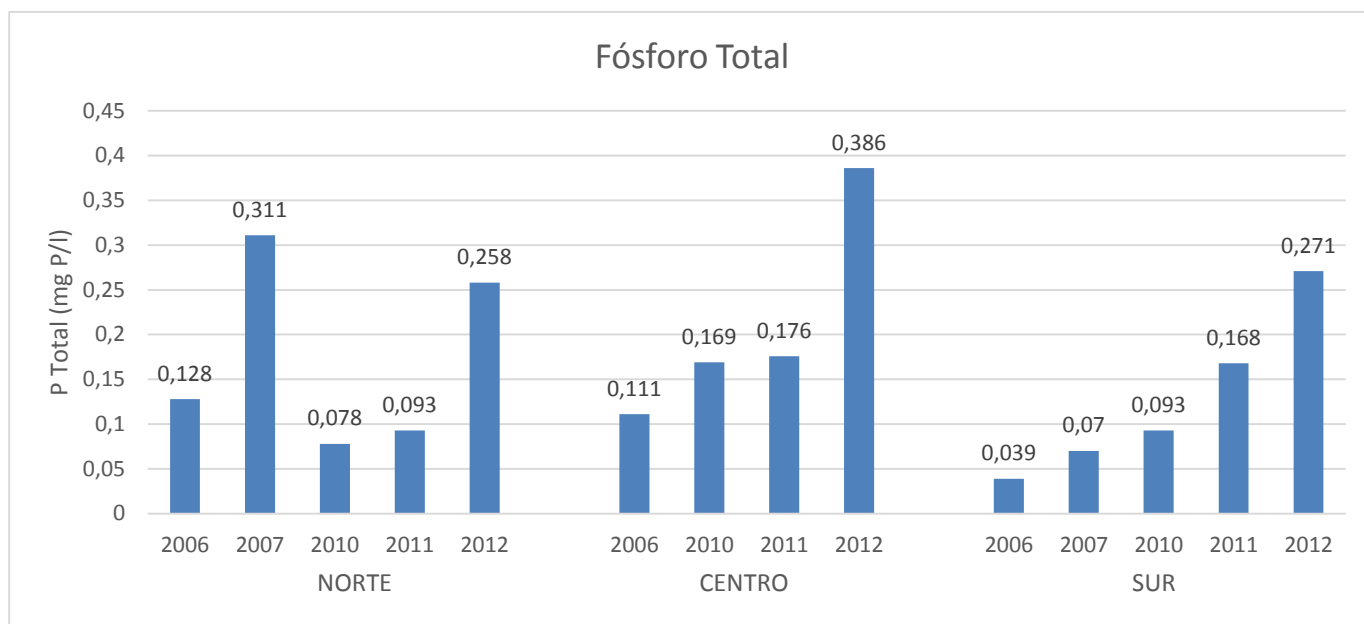
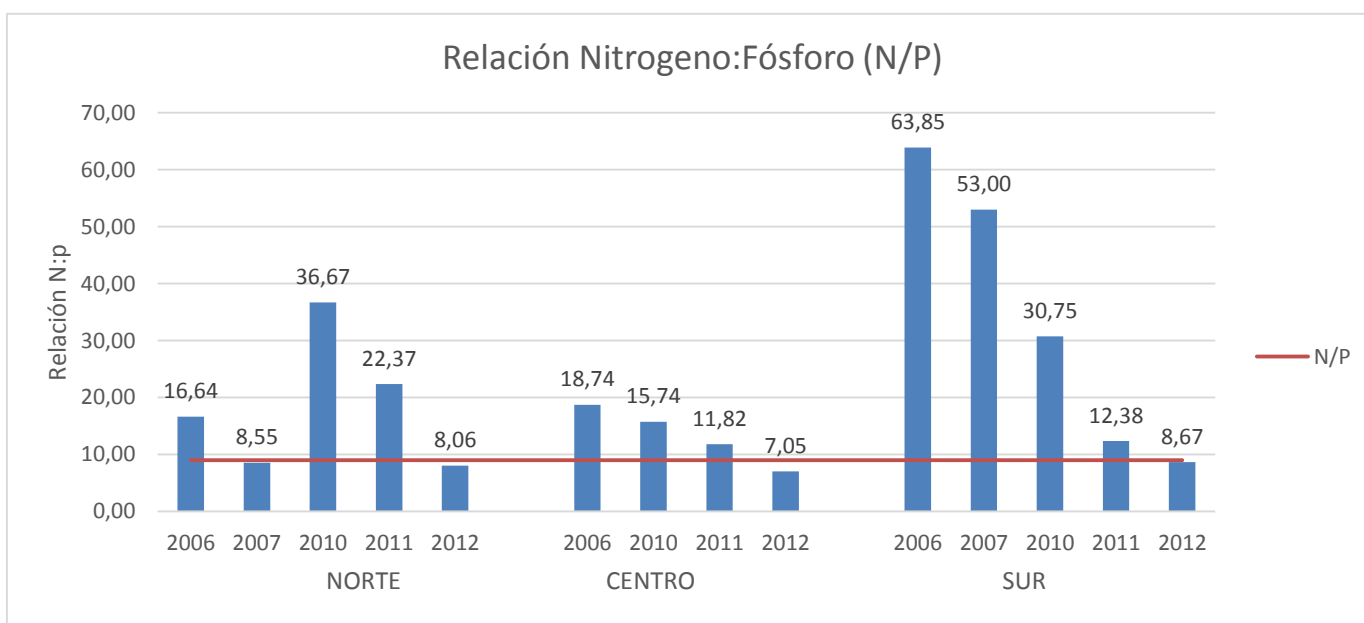


Figura 17. Valores históricos de la relación N:P en el humedal El Avispal

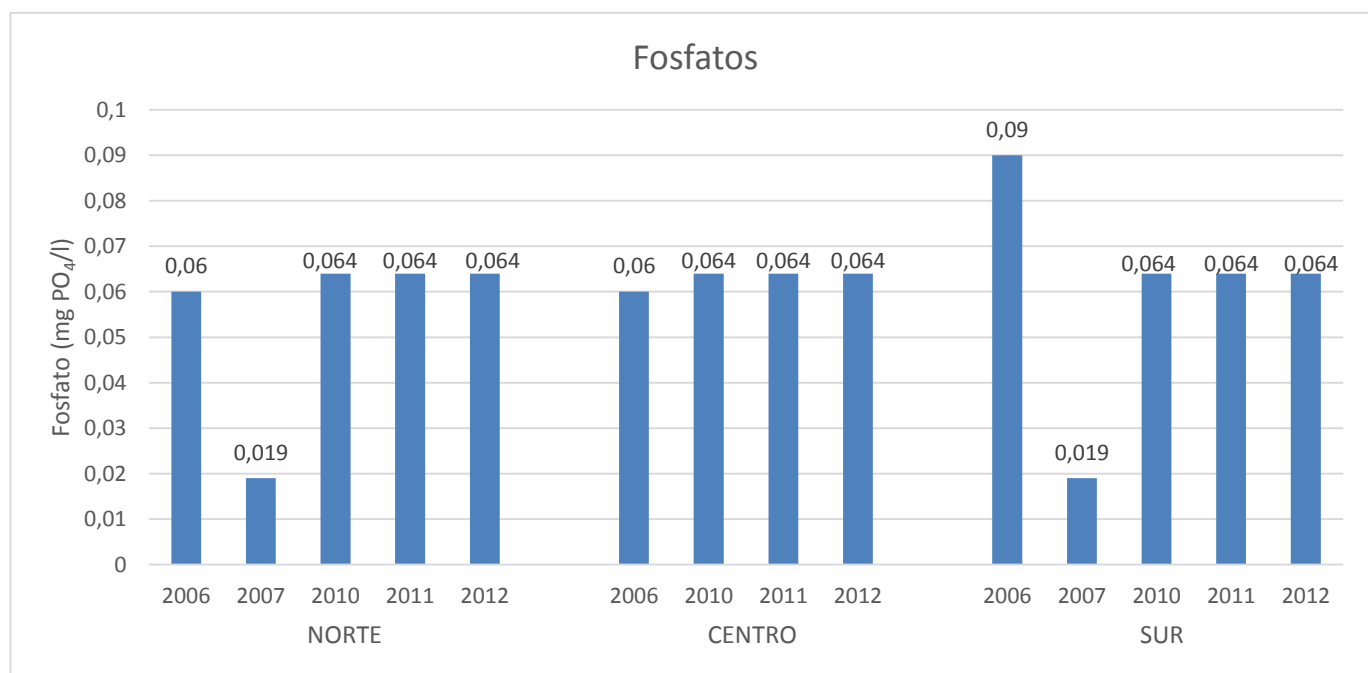


Los fosfatos al igual que los nitratos son nutrientes para las plantas, estos estimulan el crecimiento rápido de algas, desplazando o eliminando otros organismos del ecosistema. Los fosfatos se encuentran en fertilizantes y detergentes que pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, desechos industriales y descargas de aguas servidas. Las grandes poblaciones de plantas

producen oxígeno en las capas superiores del agua, pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto en las capas inferiores¹⁰⁹.

De acuerdo con los análisis fisicoquímicos realizados por el laboratorio ambiental de CVC, la mayoría de las mediciones presentaron una concentración de fosfatos menor a 0,064 mg/l (denotada como <0,064 mg/l), el cual es el límite de detección de la técnica usada en el laboratorio de CVC, por lo que fue necesario asumir un valor de fijo de 0,064 mg/l. De la Figura 18 se observó que las concentraciones de fosfatos se encontraban en un rango entre 0,019 y 0,9 mg/l, siendo un rango aceptado para aguas naturales las cuales contienen normalmente concentraciones de fosfatos menores a 1 mg/l¹¹⁰.

Figura 18. Valores históricos de Fosfatos en el humedal El Avispal



¹⁰⁹ Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales. Uruguay [consultado 12 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <https://books.google.com.co/books?id=InnqaK9UCZAC&pg=PA78&lpg=PA78&dq=FOSFATOS+DEFINICION&source=bl&ots=kx9OPJm4E8&sig=YrLBwZTEfeNcw2IO4PWc5kK6kS4&hl=es&sa=X&ei=LM1QVYSqIsGeNsPFgPAO&ved=0CDMQ6AEwBDgK#v=onepage&q=FOSFATOS%20DEFINICION&f=false>

¹¹⁰ Universidad Pablo De Olavide. Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría, Técnicas avanzadas en química, Sevilla. 2006 [consultado 13 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: http://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/TAQP1_0506.pdf

- **Nitratos**

Los nitratos son compuestos inorgánicos derivados del uso excesivo de fertilizantes, estos pueden ocasionar una contaminación significativa en aguas superficiales y subterráneas. El estiércol del ganado, los terrenos donde el mismo se alimenta y los criaderos de aves de corral también tienen un alto contenido de nitratos.

El cuerpo humano es capaz de reducir los nitratos a nitritos en el sistema digestivo, este contaminante inorgánico es de alto riesgo para la salud humana ya que puede generar enfermedades como la metahemoglobinemia o enfermedad del bebé azul, debido a que los nitritos restringen el transporte de oxígeno al torrente sanguíneo, o combinada con diversas aminos en el conducto gastrointestinal pueden llegar a ser cancerígenas¹¹¹.

Teniendo en cuenta que algunas de las mediciones de este parámetro no presentan un valor exacto, se asumió el límite de detección del análisis fisicoquímico realizado por el laboratorio de la CVC. En relación con la Figura 19, las concentraciones de los nitratos se encuentran en un rango entre 0,114 y 0,52 mg NO₃/l.

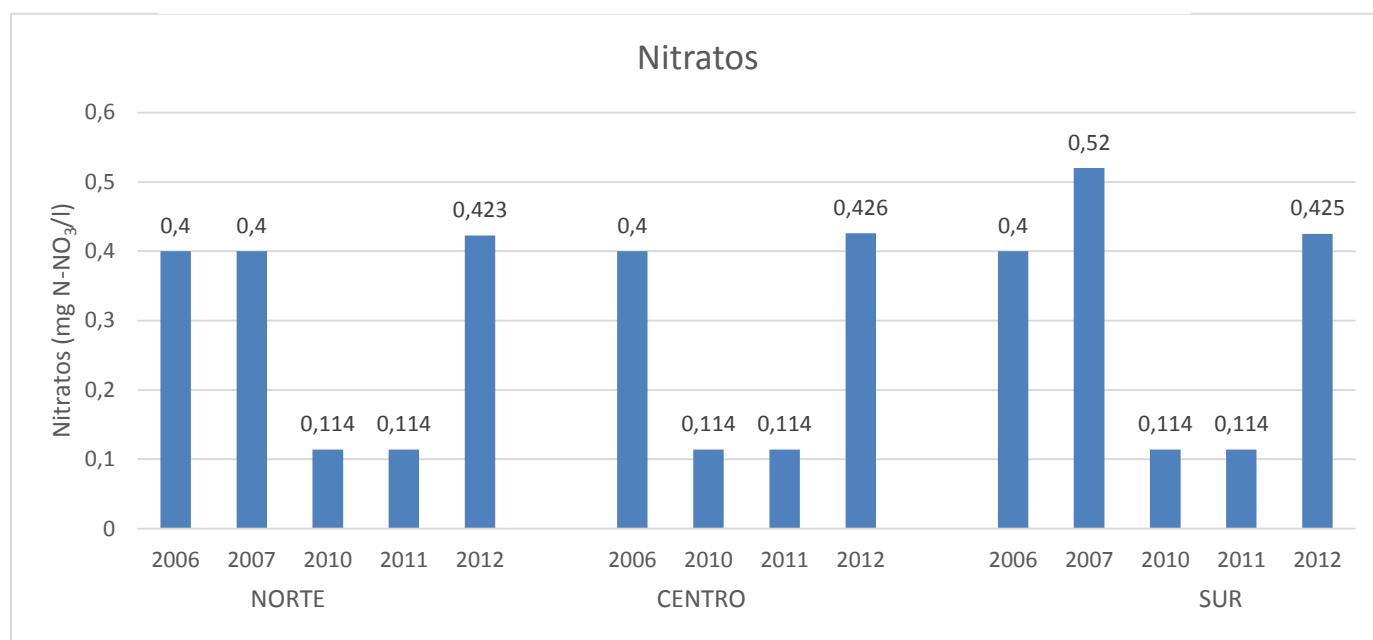
Para el año 2007 la zona sur presentó la concentración más alta, mientras que los años 2010 y 2011 en los tres puntos de monitoreo se registraron concentraciones menores a 0,114 mg NO₃/l siendo estos los valores mínimos de nitratos. Además, se observó que a pesar de estar ubicada en una región con alta demanda de cultivos de caña, los fertilizantes y abonos que utiliza esta industria en sus plantaciones, en términos del contenido de nitritos y nitratos no se observó un impacto significativo sobre la calidad del agua en el humedal.

Pese a estos resultados, es importante resaltar que la presencia de nitratos en las aguas superficiales, contribuyen con la carga de nitrógeno total, lo cual puede representar un aporte sobre el proceso de eutrofización obteniendo como resultado la invasión del humedal por algas y plantas acuáticas que consumen gran cantidad de O₂ y afectan los usos del agua¹¹².

¹¹¹ GLYNN, Henry y GARY, H. Ingeniería Ambiental. 2 ed. México: Pearson, 1999. P 295.

¹¹² PEÑA et al, Op. cit., p 89.

Figura 19. Valores históricos de Nitratos en el humedal El Avispal



• Coliformes Totales

Los coliformes totales son organismos en forma de bacilos cortos no esporulados, aerobios y anaerobios facultativos, que se pueden desarrollar en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos a 35°C +/- 0,5°C produciendo gas y acidez en un plazo de 24 a 48 horas¹¹³.

Los coliformes totales están conformados por microorganismos que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, algunos de ellos son: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, que viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales. Estos, constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales¹¹⁴; en los cuerpos de agua, los coliformes totales y fecales son ampliamente utilizados como indicadores de contaminación fecal, por lo que su presencia muestra la incidencia de agua residual sobre la fuente de agua.

¹¹³ RAMOS PÉREZ, Carlos Javier. Presencia de coliformes totales y fecales en el agua del río Matlacobatí, Xico, Veracruz, México [en línea]. Xalapa Enríquez: Universidad Veracruzana, 2011 [consultado 13 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29447/1/RamosPerez.pdf>. p 14.

¹¹⁴ ARCOS, Mireya del pilar et al, Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua [en línea]. Cundinamarca: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005 [consultado 13 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf. p 72.

En relación con el Cuadro 18 se observó que los valores de Coliformes Totales durante el periodo de medición fueron muy variables estando en un rango entre $1,5 \times 10^2$ y $2,4 \times 10^6$ NMP/100 ml.

En la Figura 20 se evidencia que el año 2010 fue el más afectado alcanzando el máximo valor en la zona sur de humedal, seguido por la zona norte con un valor de $1,1 \times 10^6$ NMP/100 ml.

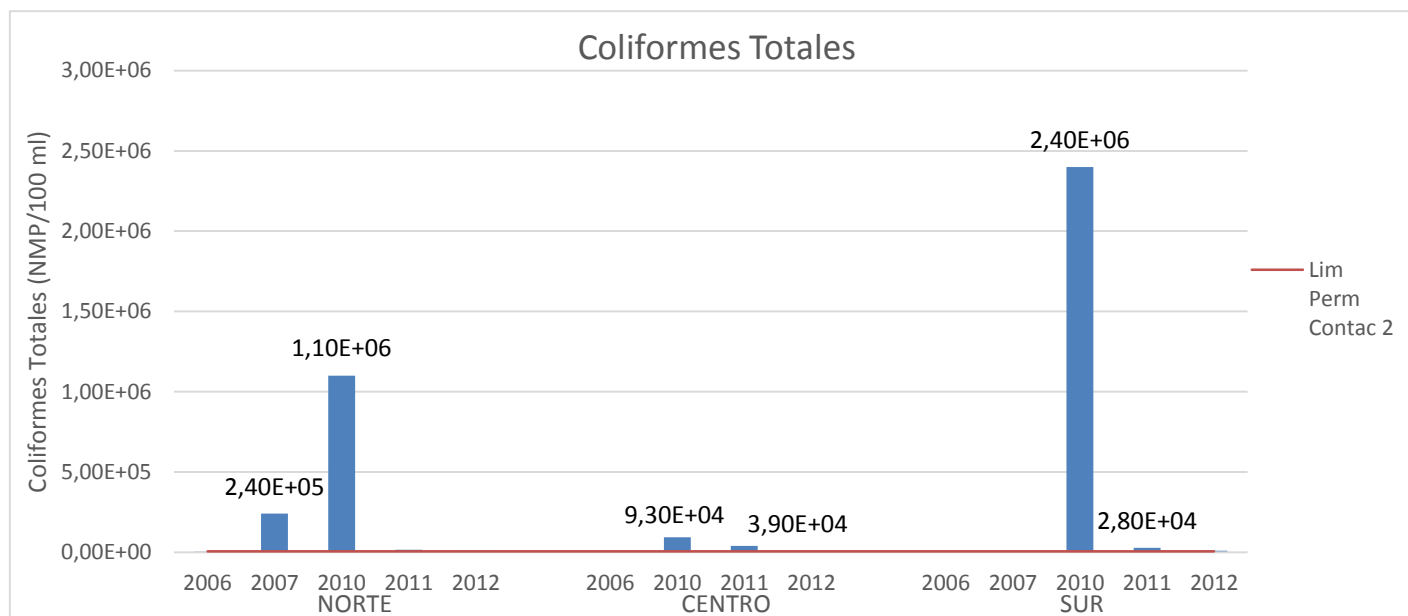
Relacionando los valores obtenidos tanto para coliformes totales como fecales, se puede observar que con el incremento de los coliformes fecales se incrementan los coliformes totales, indicando el impacto de la descarga de agua residual sobre esta variable. Con el análisis de los coliformes fecales se detalla de manera más clara la posible causa del incremento de los coliformes en el humedal.

Cuadro 18. Valores de Coliformes Totales en el humedal El Avispal

Coliformes Totales (NMP/100ml)			
AÑO	NORTE	CENTRO	SUR
2006	$3,9 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$	$7,5 \times 10^2$
2007	$2,4 \times 10^5$	-	$2,4 \times 10^3$
2010	$1,1 \times 10^6$	$9,3 \times 10^4$	$2,4 \times 10^6$
2011	$1,5 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$2,8 \times 10^4$
2012	$9,3 \times 10^3$	$4,3 \times 10^3$	$9,3 \times 10^3$

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984, para la utilización del recurso hídrico con fines recreativos, los Coliformes Totales no deben superar los $1,0 \times 10^3$ NMP/100 ml para contacto primario (natación y buceo) y los $5,0 \times 10^3$ NMP/100 ml para contacto secundario (deportes náuticos y pesca). En el caso del humedal El Avispal, en el año 2006 se cumplía con dicha normativa, pero en los siguientes tres años estos valores aumentaron significativamente, siendo el año 2010 el de mayor afectación. Para el año 2012 se evidencia una disminución en la que la zona sur cumple con la normativa para contacto secundario.

Figura 20. Valores históricos de Coliformes Totales en el humedal El Avispal



• Coliformes Fecales

Los coliformes fecales presentan similitudes con los totales en lo que se refiere a morfología, la capacidad de fermentar lactosa, ser aerobios y anaerobios, pero difieren en la capacidad de soportar temperaturas, a diferencia de los totales, los fecales pueden fermentar la lactosa con producción de ácido y gas en periodos de incubación de 24 a 48 horas a una temperatura de 44,5 °C en condiciones de laboratorio¹¹⁵.

La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, entre otras. Estas bacterias son de interés clínico, ya que pueden ser capaces de generar infecciones oportunistas en el tracto respiratorio superior e inferior, además de bacteriemia, infecciones de piel y tejidos blandos, enfermedad diarreica aguda y otras enfermedades severas en el ser humano¹¹⁶, y su interés ambiental radica en que son indicadores de contaminación fecal, lo cual en el caso de los recursos hídricos ha sido ampliamente relacionado con la incidencia de agua residual.

¹¹⁵ RAMOS PÉREZ, Carlos Javier. Presencia de coliformes totales y fecales en el agua del río Matlacobatí, Xico, Veracruz, México. Op. cit. p 14.

¹¹⁶ ARCOS, Mireya del pilar et al, Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Op. cit. p 72.

Del Cuadro 19 se observó que los valores de coliformes fecales durante el periodo de medición al igual que los coliformes totales fueron muy variables, estando en un rango entre 72 y $6,6 \times 10^5$ NMP/100 ml. A partir de la Figura 21 se evidencia que el año 2010 fue el más afectado alcanzando el máximo valor en la zona sur de humedal, seguido por la zona norte con un valor de $1,1 \times 10^6$ NMP/100 ml. Estas altas concentraciones se pueden asociar con las descargas de agua residual que realizan los municipios de Santander de Quilichao, Buenos Aires, Timba, y poblaciones como Mondomo y Caldone al río Cauca, al igual que las descargas que se hayan realizado por parte de la comunidad aledaña al humedal¹¹⁷.

Según el Decreto 1594 de 1984 para el destino del recurso en fines recreativos, los Coliformes Fecales no deben superar los 200 NMP/100 ml para contacto primario. En el año 2006 se cumplía con dicha normativa en la zona centro y sur del humedal, pero en los siguientes dos años estos valores aumentaron significativamente, debido a la fuerte incidencia de las actividades domésticas y a la reconexión entre el cauce del Río Cauca y la zona norte del humedal siendo el año 2010 el de mayor afectación.

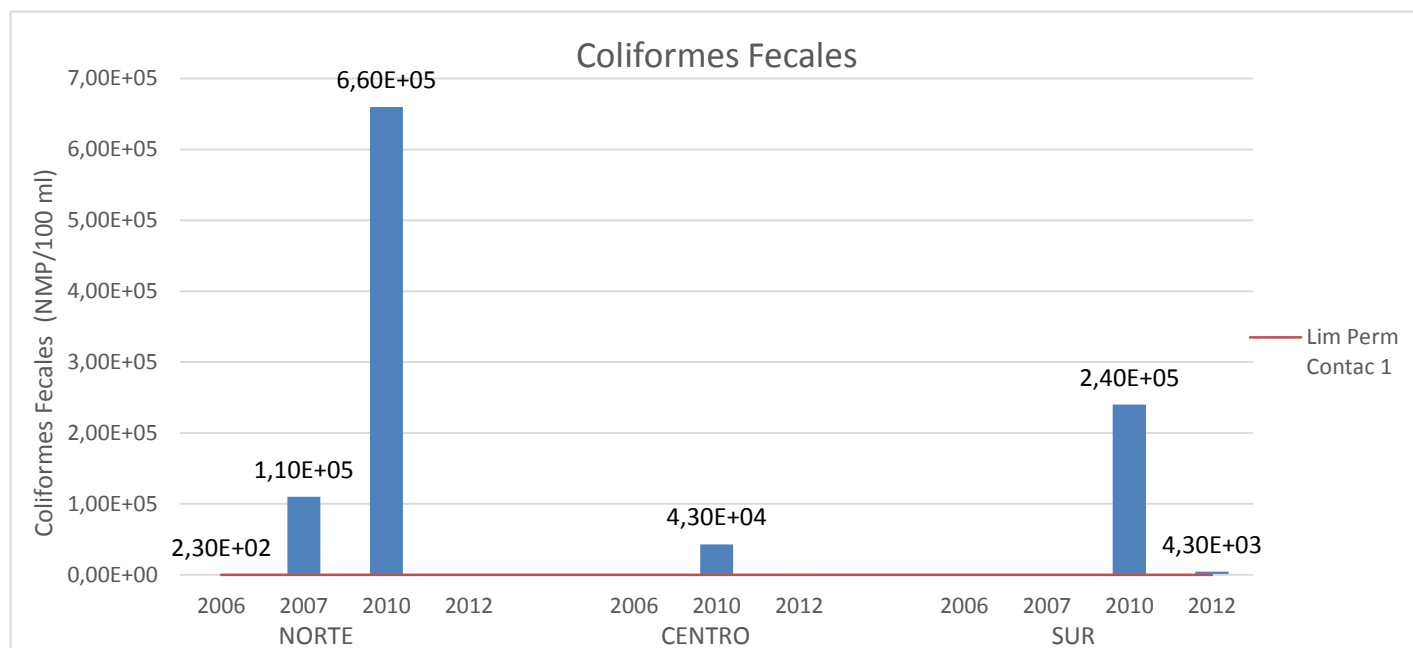
Teniendo en cuenta que a finales del 2008 fue la reconexión entre el río Cauca y el humedal y que para el año 2011 ya se había perdido nuevamente la conexión, el impacto generado por las descargas de agua residual que realizan las poblaciones mencionadas anteriormente al recurso hídrico, solo pudieron ser analizadas en el año 2010 ya que fue el único monitoreo realizado durante esos tres años de reconexión con el río. Para el 2011 no se reportaron datos por parte del laboratorio de CVC y en el año 2012 aunque se evidencia una disminución de coliformes fecales no se acerca al valor máximo permisible por la normativa.

Cuadro 19. Valores de Coliformes Fecales en el humedal El Avispal

Coliformes Fecales (NMP/100ml)			
AÑO	NORTE	CENTRO	SUR
2006	$2,3 \times 10^2$	$9,3 \times 10^1$	$7,2 \times 10^1$
2007	$1,1 \times 10^5$	-	$9,3 \times 10^2$
2010	$6,6 \times 10^5$	$4,3 \times 10^4$	$2,4 \times 10^5$
2011	-	-	-
2012	$9,1 \times 10^2$	$1,5 \times 10^3$	$4,3 \times 10^3$

¹¹⁷ POSSO et al, Op. cit., p 194.

Figura 21. Valores históricos de Coliformes Fecales en el humedal El Avispal



6.1.2 Valoración de los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS, ICOMI e ICOTRO.

Los índices de contaminación (ICO) se construyen mediante el análisis de los principales componentes asociados a los ciclos bioquímicos, que pueden ser alterados como resultado de las perturbaciones que se originan en la cuenca de drenaje y los cuales tienen como propósito reducir un espacio multivariado de las numerosas variables fisicoquímicas.

Los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS e ICOMI presentan un rango de variación entre 0 y 1 en donde cero (0) denota una baja contaminación y uno (1) una alta contaminación. En el Cuadro 20 se presentan los rangos de variación del grado de contaminación asociado a los ICO mencionados.

Cuadro 20. Grado de contaminación de los ICO.

GRADO DE CONTAMINACIÓN	VALOR
Muy baja	0,00 – 0,20
Baja	0,21 – 0,40
Media	0,41 – 0,60
Alta	0,61 – 0,80
Muy alta	0,81 – 1,00

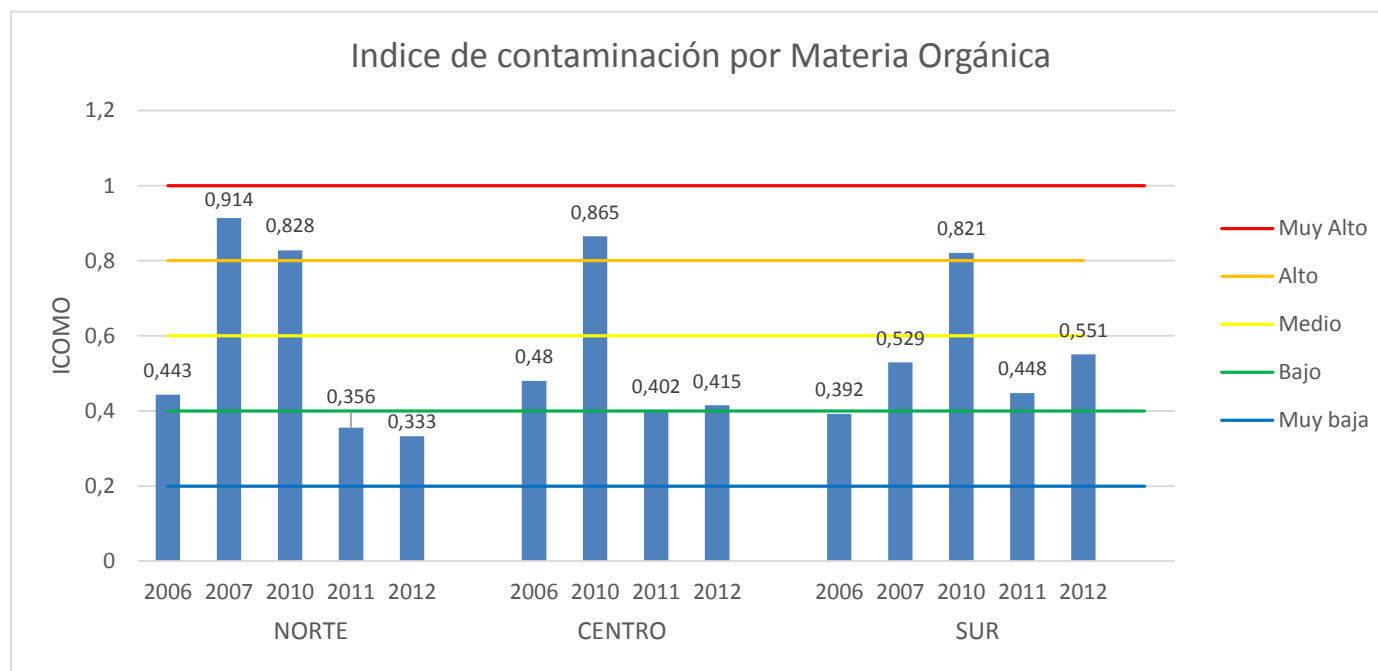
Fuente: ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. ICATEST v1.0. 1 archivo de computador.

6.1.2.1 ICOMO:

El Índice de contaminación por materia orgánica, es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables analizadas (DBO₅, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno). Las dos primeras variables reflejan fuentes diversas de contaminación orgánica y la tercera expresa la respuesta ambiental del cuerpo de agua a este tipo de contaminación¹¹⁸.

El ICOMO obtenido en cada una de las zonas y años monitoreados se presenta a continuación en la Figura 22. Para la zona norte del humedal en los años 2011 y 2012 se presentó el grado de contaminación más bajo, mientras que la mayoría de los índices estimados presentaron un grado de contaminación medio y solo para el año 2010 en cada una de las zonas monitoreadas se presentó una contaminación muy alta alcanzando valores de 0,865, esto se debe a la reconexión con el río Cauca y al grado de contaminación al cual estaba sometido por los vertimientos directos de aguas residuales de los municipios y comunidades mencionadas anteriormente.

Figura 22. Índice de contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)



¹¹⁸ Ibíd., p 37.

Con base en el software ICATEST v1.0, se identificó que la presencia de coliformes totales y el oxígeno de saturación para los años 2010 en las tres zonas y 2007 en la zona sur el grado de contaminación es muy alto, mientras que la DBO₅ varía entre medio y muy alto. Cabe mencionar que para los últimos dos años este índice disminuyó notablemente alcanzando un grado de contaminación entre bajo y medio.

Los resultados del ICOMO muestran que el agua del Humedal ha presentado unos fuertes picos de contaminación (Figura 22) y muestran que evidentemente las actividades antrópicas están afectando la calidad del agua, pero el humedal aun presenta una capacidad para recuperarse. Como estos muestreos son en tiempo seco, es posible que en los tiempos de lluvias la zona tenga tanta influencia de las lluvias que el humedal se regenera y en tiempo seco no se ve tanto el impacto. Teniendo en cuenta que el régimen de lluvias es bimodal, siendo los meses de marzo a junio y septiembre a diciembre los de mayor precipitación, las precipitaciones máximas mensuales en la zona varían en promedio entre 200 mm (aprox.) en el mes de abril y 40 (aprox.) en el mes de agosto¹¹⁹.

6.1.2.2 ICOSUS:

El índice de contaminación por sólidos suspendidos pretende estimar el aporte de sólidos provenientes de fenómenos erosivos y extractivos que actualmente impactan los ecosistemas acuáticos, estos fenómenos se relacionan con la turbiedad y el impedimento del paso de la luz en la columna de agua afectando actividad fotosintética¹²⁰.

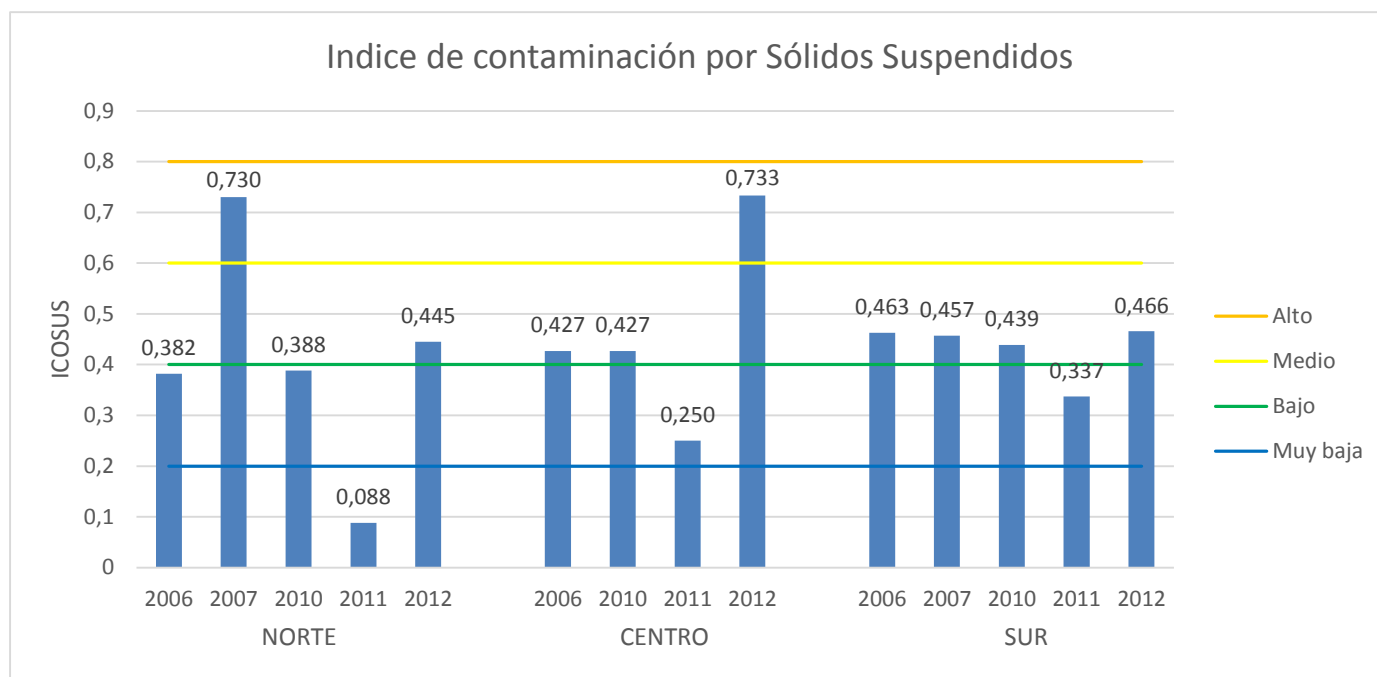
De la Figura 23 se observó que el año 2011 en las zonas centro y sur del humedal presentó un grado de contaminación bajo, mientras que la zona norte con un índice de 0,088 no presentaba contaminación, esto puede deberse a que en ese año la zona norte presentó una menor erosión. La mayoría de las mediciones realizadas tuvieron un grado de contaminación medio estando en un rango entre 0,427 y 0,466; sin embargo para el año 2007 zona norte y 2012 zona centro se obtuvo el mayor grado de contaminación con un valor aproximado de 0,73.

¹¹⁹ CVC, Op. cit. Disponible en Internet:

<http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>. 2012

¹²⁰ *Ibíd.*, p 42.

Figura 23. Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos



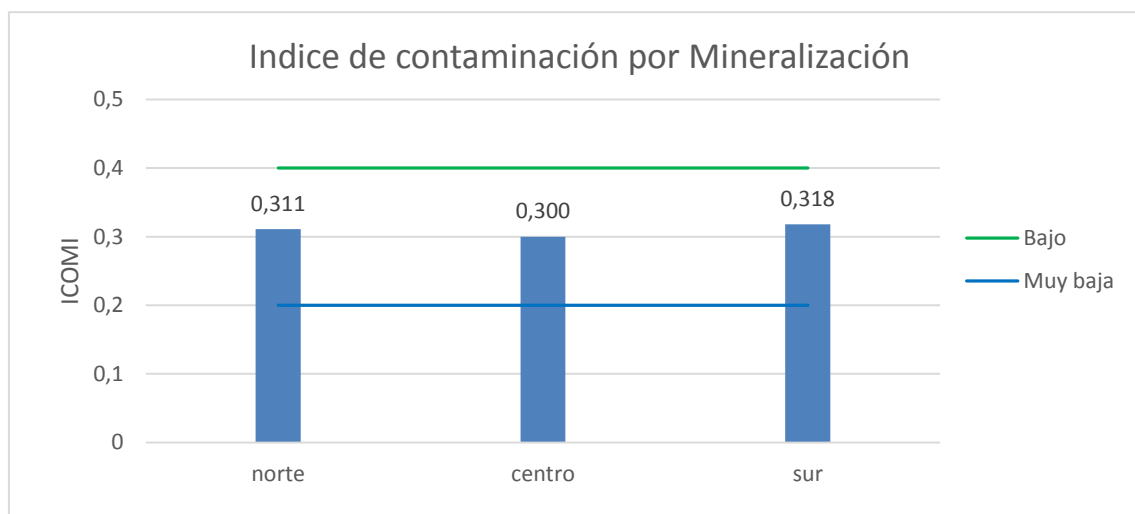
6.1.2.3 ICOMI:

El Índice de contaminación por mineralización depende de la dureza, alcalinidad y conductividad del agua, en este caso del agua del humedal. El ICOMI se calcula con el valor promedio de los índices de cada una de las variables analizadas. En donde, la conductividad refleja el conjunto de sólidos disueltos, la dureza recoge los cationes calcio y magnesio, y la alcalinidad genera propiamente aniones carbonatos y bicarbonatos. Además de las características químicas de los suelos y de la calidad de las aguas subterráneas, las perturbaciones a causa de vertimientos residuales y escorrentías de zonas agrícolas inciden en este índice¹²¹.

En la Figura 24, se presenta el índice de contaminación por mineralización para los tres puntos de monitoreo del año 2012. Es importante mencionar que el ICOMI se realizó únicamente para este año, ya que para los demás años de monitoreo no se presentó un registro de datos de alcalinidad y dureza. En esta gráfica se observó que para las tres zonas del humedal, el grado de contaminación era similar y bajo de acuerdo con el rango establecido por el índice de contaminación.

¹²¹ *Ibíd.*, p 29.

Figura 24. Índice de contaminación por Mineralización (ICOMI) en el año 2012



De acuerdo con la herramienta utilizada para el cálculo del ICOMI, se evidencio que para las tres zonas de monitoreo la dureza y la alcalinidad presentaron muy bajo grado de contaminación con un valor promedio de dureza igual a 0,16 y 0,17 para la alcalinidad, mientras que la conductividad alcanzó un grado de contaminación medio con un valor promedio de 0,57 el cual se puede ver influenciado ya sea por la geología del área a través fluye el agua en la cuenca, la variación de la concentración en época de lluvia, sequia o en su estado trófico¹²², o la relación directa entre la conductividad y los sólidos totales disueltos.

6.1.2.4 ICOTRO:

El Índice de contaminación trófico depende de la concentración de fósforo total. El fósforo está relacionado con los ortofosfatos que lo conforman por ser el nutriente limitante, este define la eutrofización de los ecosistemas acuáticos teniendo en cuenta el desarrollo que se da de fitoplancton y macrofitas acuáticas. El ICOTRO se calcula de acuerdo con la calificación cualitativa mencionada en la metodología. A continuación se presenta el Cuadro 21 con los valores de ICOTRO para cada uno de los puntos y años de monitoreo.

Cuadro 21. Índice de contaminación trófico (ICOTRO)

ZONAS	UNIDADES	Índice de contaminación trófico				
		2006	2007	2010	2011	2012
Norte	mg P/l	0,128	0,311	0,078	0,0927	0,258
Centro		0,111	-	0,169	0,176	0,386
Sur		0,039	0,070	0,0934	0,168	0,271

¹²² PEÑA, Op. cit., p 72.

Teniendo en cuenta que todos los valores de fósforo total están en el rango 0,02 y 1,00 mg P/l, el ICOTRO en el humedal se clasificó como eutrofia. En el año 2012 la zona centro presentó la concentración de fósforo total más alta con 0,386 mg P/l, y el año 2006 zona sur presentó el menor valor con 0,039 mg P/l.

En general, el cálculo de los ICO mostró que el mayor impacto negativo puede ser asociado a la contaminación por materia orgánica, con variables como DBO₅, coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno (Evidenciado con los valores del índice ICOMO), las cuales están siendo afectadas principalmente por actividades como vertimientos de aguas residuales que se desarrollan principalmente en la zona norte es la que presentó una tendencia a mayor grado de contaminación que las zonas centro y sur.

6.1.3 Comparación de los índices de contaminación del humedal El Avispal con el humedal Guarinó

En relación con la estimación de los índices de contaminación ICOMO, ICOSUS, ICOMI e ICOTRO se realizó una comparación con un blanco estadístico; en este caso se tomó como base el humedal Guarinó el cual se encuentra ubicado en el mismo corregimiento, presenta un mayor espejo de agua (8,0 ha), aparenta un bajo grado de perturbación¹²³ y también es alimentado por el río Cauca. Esta comparación se realizó en el 2012, último año de medición que realizó la CVC en los dos humedales.

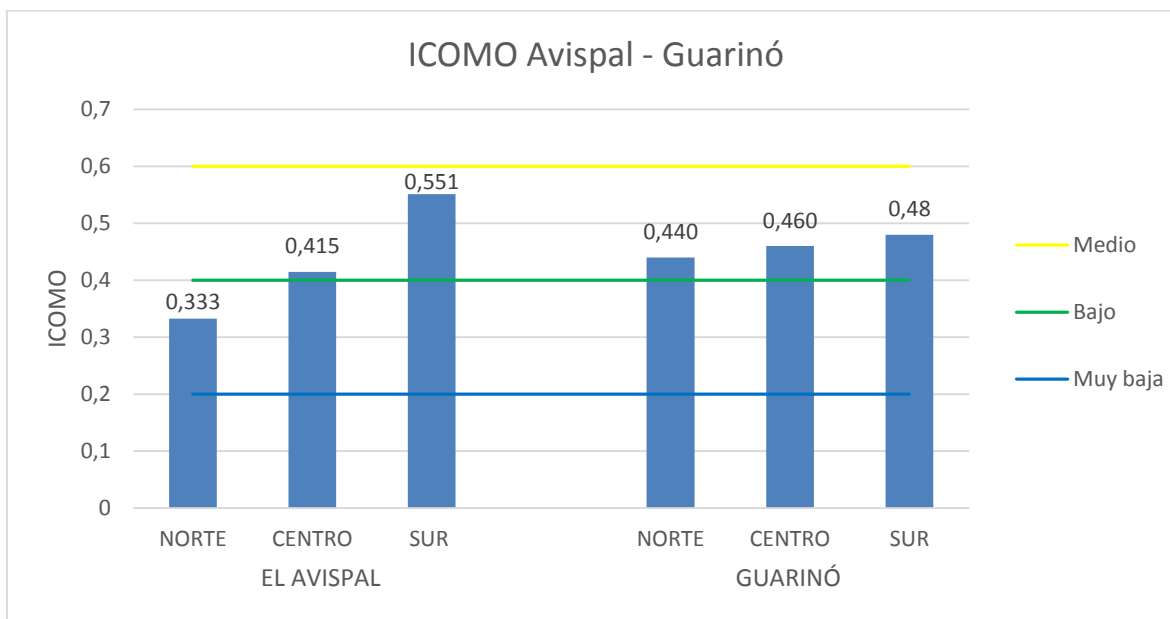
En la Figura 25 se presentan los valores históricos del ICOMO para los humedales El Avispal y Guarinó, en esta grafica se observó que el humedal El Avispal presenta un rango de variación más amplio que el humedal Guarinó, abarcando grados de contaminación entre bajo y medio en las zonas de monitoreo, siendo la zona sur la que presentó el mayor grado de contaminación con un valor de 0,551 y la zona norte el menor con 0,333, debido posiblemente a que en esta zona y para este año, los colindantes contaban con soluciones individuales que de una u otra forma disminuyeron el impacto negativo generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas.

En cuanto al comportamiento del ICOMO en el humedal Guarinó, se muestra una variación mínima de 0,440 y un grado de contaminación medio. Según Rodríguez (2012), esta situación puede estar asociada al posible flujo de aguas freáticas con conectividad al sector sur del humedal, inundando los potreros colindantes y con ello generando un mayor aporte de materia orgánica. Aunque el índice de contaminación fue medio, este humedal cuenta con aproximadamente 14 especies

¹²³ RODRIGUEZ, Op. cit., p 12.

de peces y 25 familias de macro invertebrados acuáticos, lo cual indica que es un ecosistema equilibrado con un grado de perturbación de moderado a bajo.

Figura 25. Índice de contaminación por Materia Orgánica en los humedales el Avispal y Guarinó (Monitoreo año 2012)

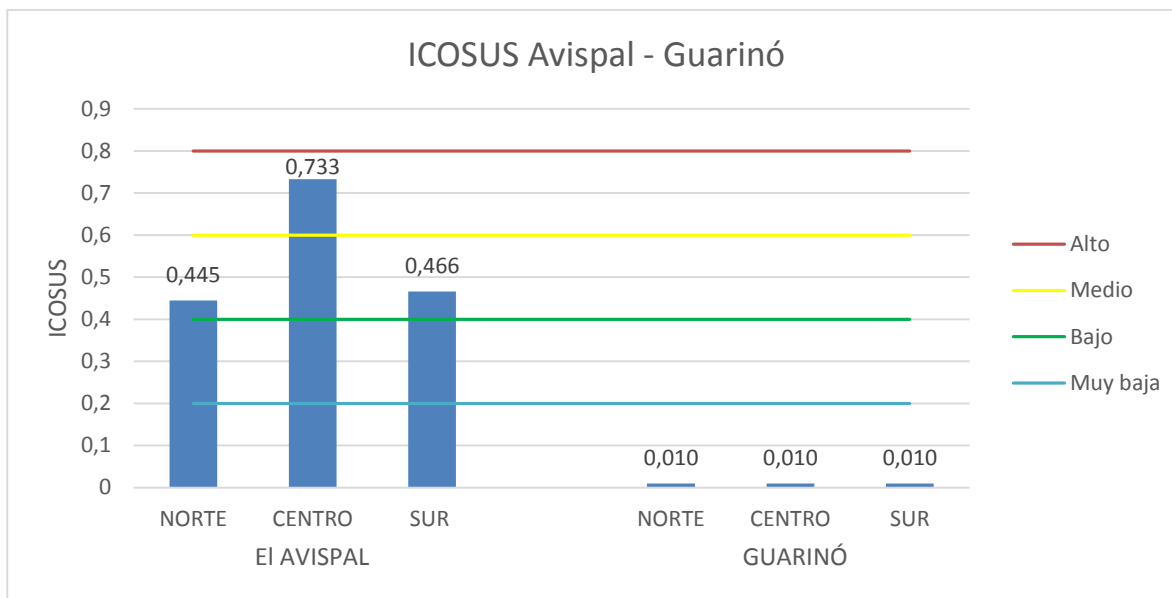


El Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos en el humedal El Avispal presentó una variación entre un grado de contaminación medio y alto, siendo la zona norte la de más bajo grado contaminación con un valor de 0,445, seguido de la zona sur con 0,466 y por último la zona centro con 0,733, donde el grado de contaminación es alto (Figura 26). Para el caso del humedal Guarinó no se registró ningún grado de contaminación en el humedal ya que reportó valores de 0,01, valores que ratifican que las actividades antrópicas, la erosión de la cuenca y los procesos naturales están afectando la calidad del agua en el Humedal El Avispal.

De acuerdo con la información brindada por Rodríguez (2012)¹²⁴, los valores de ICOSUS en el humedal El Avispal se pudieron haber presentado como consecuencia del arrastre de los suelos del área adyacente al humedal como resultado de lluvias, lo cual se reflejó en los elevados valores de sólidos suspendidos en el Humedal, afectando la calidad del agua.

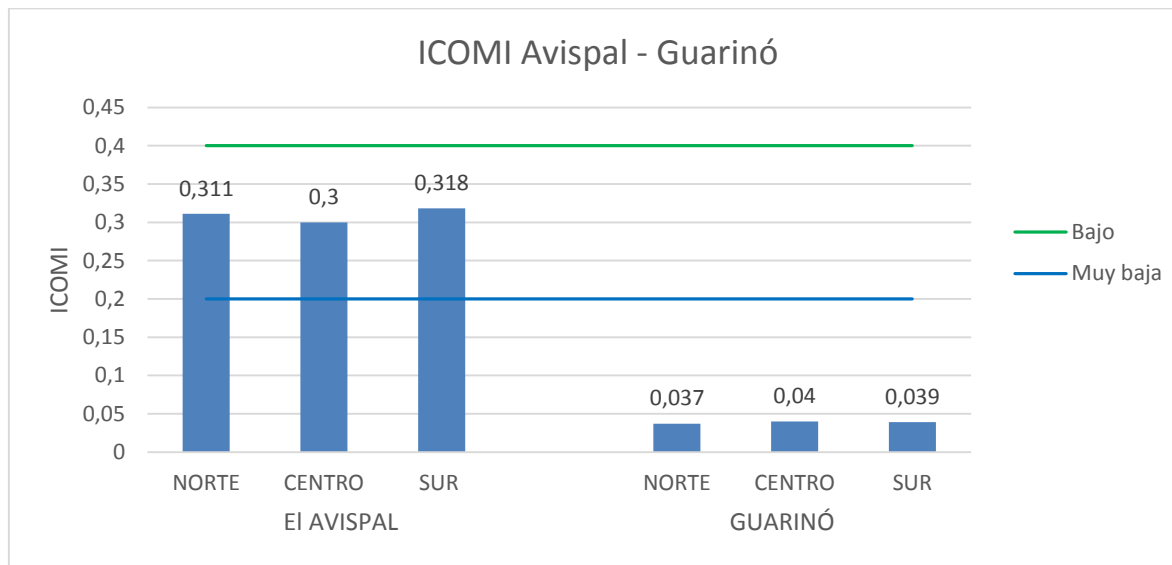
¹²⁴ RODRIGUEZ. Op. cit. p 66.

Figura 26. Índice de contaminación por Sólidos Suspendidos en los humedales El Avispal y Guarinó (Monitoreo año 2012)



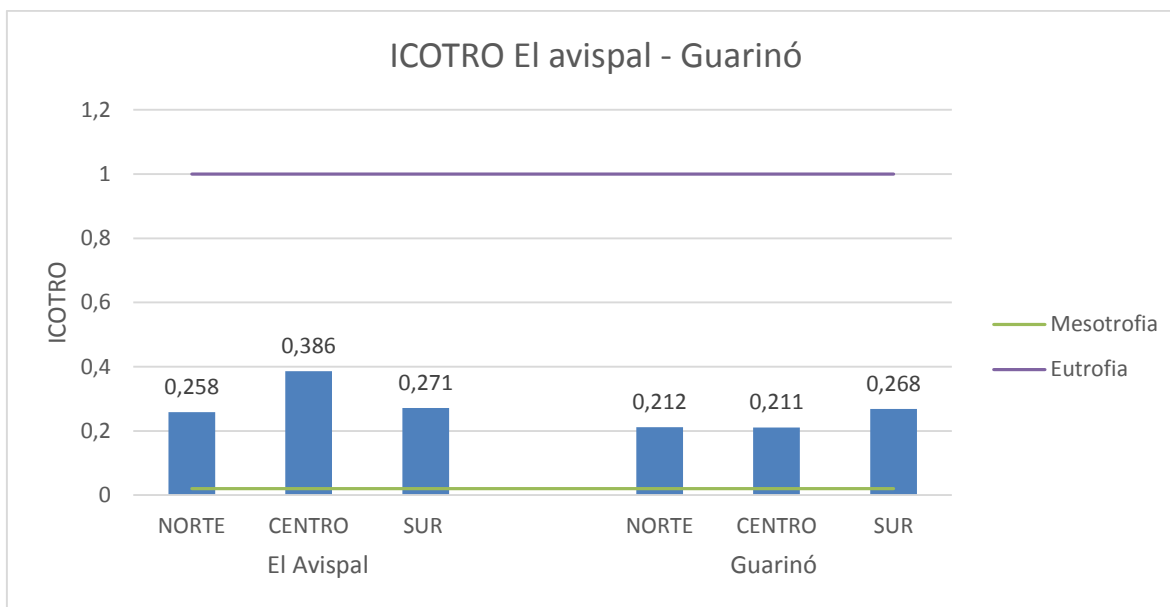
El ICOMI en las tres zonas del humedal El Avispal presentó valores menores a 0,400 y mayores a 0,2, mostrando que para el año 2012 en términos de dureza, alcalinidad y conductividad del agua el grado de contaminación general del humedal fue bajo. Mientras que para el caso del humedal Guarinó, se presentó un muy bajo nivel de contaminación ya que los valores fueron menores a 0,2 en las áreas monitoreadas.

Figura 27. Índice de contaminación por Mineralización en los humedales El Avispal y Guarinó (Monitoreo año 2012)



El ICOTRO en las tres zonas de los humedales El Avispal y Guarínó presentaron valores menores a 1.0 y mayores a 0,02 mg P/l (Figura 28), por lo que los dos humedales en el año 2012 fueron considerados como ICOTRO Eutrofia. Los valores en los dos humedales son similares aunque en la zona centro del humedal El Avispal se presentó el mayor valor con 0,386.

Figura 28. Índice de contaminación trófico en los humedales El Avispal y Guarínó (Monitoreo año 2012)



6.1.4 Estimación del índice de calidad de agua para lagunas ICA-L

Como se puede observar en los Anexos K – O para cada una de las zonas y años de monitoreo se estableció un puntaje Q para cada uno de los parámetros, mediante las curvas de función presentes en los Anexos A - G. Es importante mencionar que el valor del fósforo total se convirtió de mg a μg para poder realizar el análisis gráfico (Anexo F).

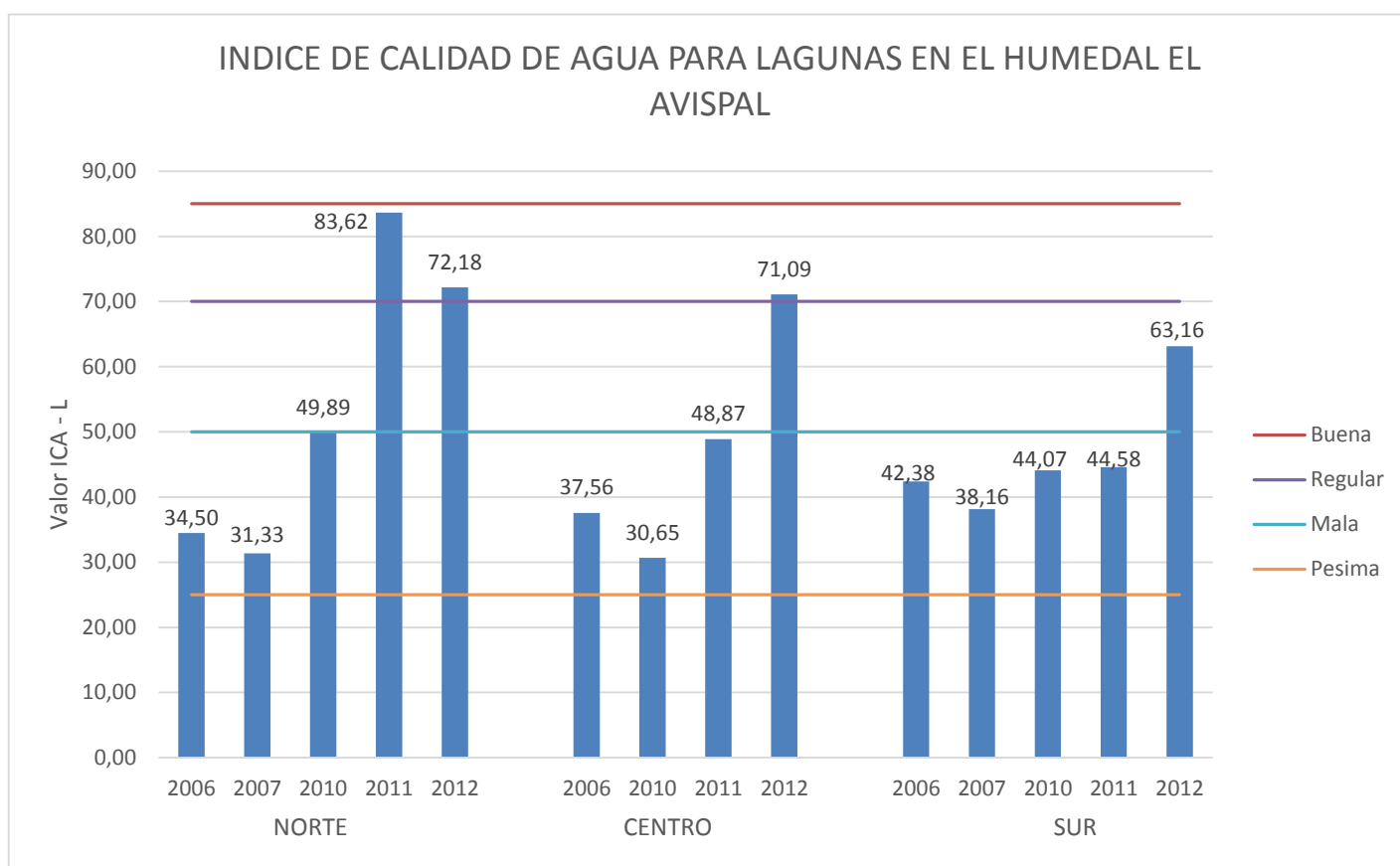
El índice de calidad de agua para lagunas tropicales de inundación para los años 2006, 2007 y 2010 en las tres zonas del humedal fue mala (Figura 29). De acuerdo Pérez y Rodríguez (2008)¹²⁵, un agua de mala calidad permite sostener una baja biodiversidad de vida acuática, principalmente de especies tolerantes. Además de manifestar problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual.

¹²⁵ PEREZ y RODRIGUEZ, Op. Cit., p 6.

En el año 2011 se presentó un ICA-L variable, ya que la zona norte tuvo un valor de 83,62 equivalente a una calidad de agua buena, donde sostiene una alta biodiversidad de vida acuática, se presentan periodos donde algún indicador muestra peligros para el ecosistema, este valor fue el más alto de los ICA-L calculados. En la zona centro y norte del humedal la calidad del agua fue mala con valores de 48,87 y 44,58.

Para el año 2012 al igual que en el año 2011 el ICA-L fue variable, en la zona norte y centro la calidad del agua fue buena con valores de 72,18 y 71,09, en la zona sur el ICA-L fue regular con un valor de 63,16. Cuando la calidad del agua es regular se presentan algunos signos de contaminación como el aumento en la concentración de nutrientes, la reducción de la biodiversidad en los organismos acuáticos y el desequilibrio en el crecimiento de algas y vegetación acuática.

Figura 29. Variación del ICA - L en humedal El Avispal



6.1.5 Análisis de la situación ambiental asociada con la invasión de la *Azolla filiculides* en el humedal El Avispal

Azolla (del griego azo “secar” y allyo “morir”), planta que se muere cuando se seca. Clasificada anteriormente dentro de la familia Salviniaceae, orden Salviniiales, y ahora incluida en la familia monotípica Azollaceae¹²⁶. La *azolla* es un género de helechos acuáticos nativos de regiones templadas y tropicales en el mundo (Figura 30); estas macrófitas acuáticas son unas de las plantas de más rápido crecimiento en el mundo, con un tiempo de duplicación entre 2 y 5 días¹²⁷.

La *Azolla* es considerada una especie invasiva cuando las condiciones ambientales como temperatura, luz, fotoperiodo, nutrientes, entre otros, son óptimas, ya que se reproduce rápidamente formando una densa estera vegetal¹²⁸. Estos helechos acuáticos e invasores son de gran importancia y preocupación para ecologistas y biólogos que se ocupan en la gestión y conservación de los humedales, debido los posibles impactos perjudiciales e irreversibles que pueden llegar a cambiar la diversidad de flora y fauna autóctona¹²⁹.

En la Figura 30 se presenta una distribución mundial de la *Azolla*. En Colombia, la distribución geográfica de este género está representada en los departamentos de Boyacá, Córdoba, Cundinamarca, Huila, Meta, Risaralda, Vaupés y Valle del Cauca. Según la red de jardines botánicos la distribución altitudinal en Colombia está de 50 a 4200 msnm¹³⁰.

En el Valle del Cauca, la invasión de *Azolla* con mayor auge se presenta en el humedal El Avispal, el cual se caracterizaba por ser un lugar turístico y banco de peces provenientes del río Cauca y de siembras realizadas por la CVC, el espejo de agua del humedal no contaba con ningún color específico ni olor desagradable, por lo que se había convertido en un atractivo tanto para la población aledaña como para los diferentes turistas.

¹²⁶ Waseem, R, et al. *Azolla*: An aquatic pteridophyte with great potential. En: International Journal of Research in Biological Sciences. Mayo, 2012. p 68-72.

¹²⁷ Sadeghi, R, et al. A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla* spp. En: Caspian Journal of Environmental Sciences. Mayo, 2013, Vol. 11 No.1. p 65-76.

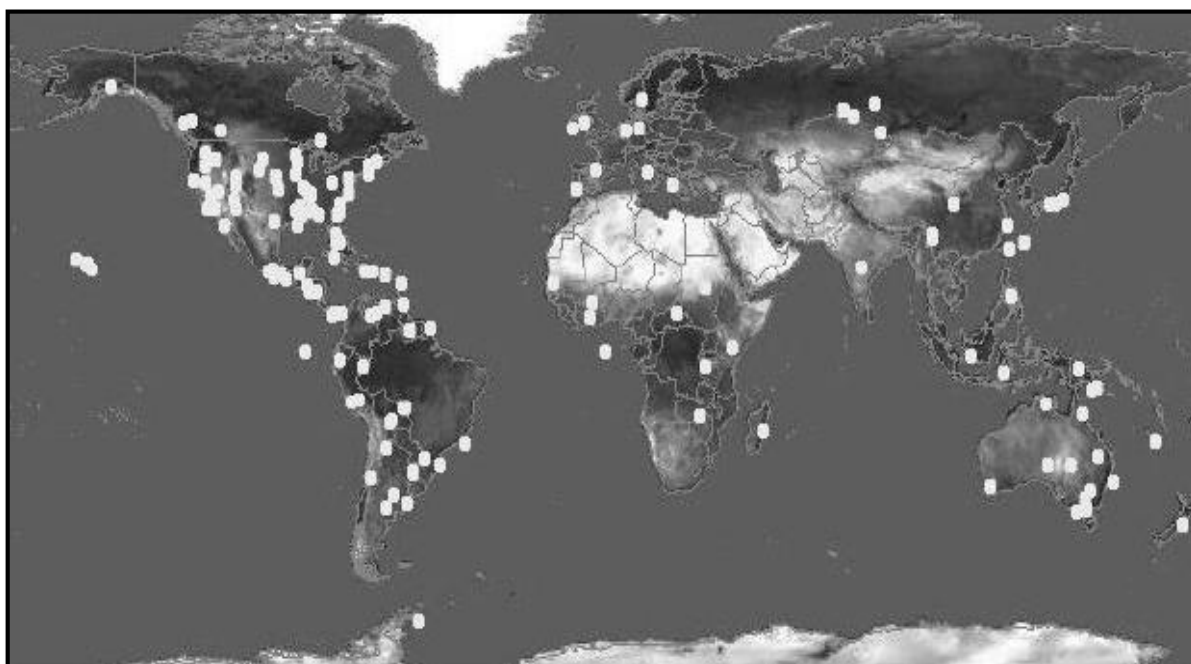
¹²⁸ Pereira, A., & Vasconcelos, V. Classification and phylogeny of the cyanobiont *Anabaena azollae* Strasburger: an answered question? En: International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Abril, 2014, doi:10.1099/ijs.0.059238-0. 64. p 1830-1840

¹²⁹ SADEGHI, R et al. Op. cit. p 66.

¹³⁰ Red Nacional de Jardines Botánicos, *Azolla filiculoides*. [En línea], Fichas de especies de plantas útiles de los jardines botánicos de Colombia [consultado 03 de Junio de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.biodiversidad.co/humedales/ficha/id/1403>

Aproximadamente en el año 2007 se realizó un evento de pesca en el humedal, en el cual se invitaron pescadores de toda la región y estos llegaron con botes y atarrayas a concursar; un mes después del evento se evidencia la presencia de diminutas plantas dispersas en el espejo de agua, las cuales presentaban un color verde que al poco tiempo se convertía en rojizo y se expandía de manera acelerada por todo el espejo de agua¹³¹ (Figura 31).

Figura 30. Distribución geográfica de la *Azolla* en el mundo (Representada con puntos blancos)

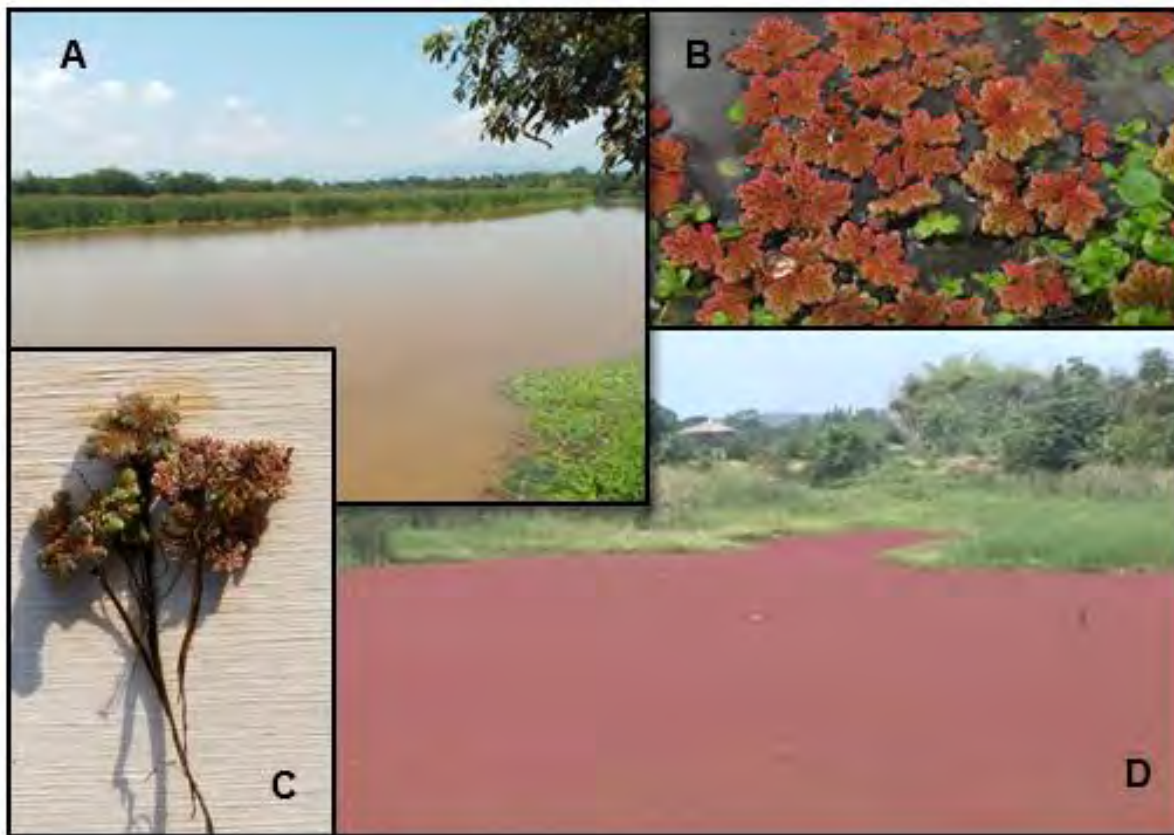


Fuente: SADEGHI, R, et al. A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla spp.* En: Caspian Journal of Environmental Sciences. Mayo, 2013, Vol. 11 No.1. p. 67.

Las condiciones fisicoquímicas que se presentaron en el humedal El Avispal durante el etapa de monitoreo posiblemente incidieron en los afloramientos de la *Azolla filiculoides*, ya que parámetros como pH, turbiedad, DBO₅, DQO, nitratos y los últimos dos años temperatura se encuentran dentro del rango óptimo reportado para su desarrollo (Anexo P).

¹³¹ CARABALI ISAJAR, Mary L. Afloramiento de *azolla sp.* presente en el humedal Carabalo (Valle del Cauca) Colombia: metabolitos secundarios y evaluación preliminar de toxicidad. Trabajo de grado Maestría en Ciencias – Microbiología. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Interfacultades en microbiología, 2014. p 14.

Figura 31. Humedal El Avispal, invasión de la *azolla filiculoides*, forma y estructura de la misma



Fuente: B. Matiz, Catalina. *Azolla filiculoides* – Salviniaceae. Cundinamarca: Plantas de Colombia, 2011. C. Acta plantarum. *Azolla filiculoides*. Porto Viro, 2007. D. La lupa TV. Medio Ambiente – Humedal El Avispal Jamundí. Jamundí, 2013.

La problemática ambiental que presenta el humedal El Avispal a causa de la invasión de la *Azolla filiculoides*, se ve reflejada inicialmente en las condiciones ideales que presentan los parámetros mencionados anteriormente para el desarrollo de la misma. Igualmente de los factores estructurales del hábitat como el agua, ya que es el factor más importante para la supervivencia de la *Azolla*, por eso está presente únicamente en el espejo de agua del humedal; existe una estrecha relación con la profundidad del agua, ya que en niveles bajos de profundidad el crecimiento de esta planta va a ser más lento y por ende reduce su producción de biomasa¹³².

La *Azolla filiculoides* es una planta muy difícil de erradicar debido a la rapidez de su reproducción en la que puede duplicar su biomasa en solo tres días, así como su

¹³² SADEGHI, R et al. A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla* spp. En: Caspian Journal of Environmental Sciences. Mayo, 2012, vol. 11, no. 1, p 65-76.

fertilidad al multiplicarse vegetativamente mediante fragmentación y al tiempo reproducirse mediante esporas. Con base en lo anterior cabe mencionar que la eliminación manual no suele ser tan efectiva, debido a la complejidad de extracción de todas las plantas del agua, como también a la fragilidad de los fragmentos que rebrotan con rapidez¹³³.

Además, la proliferación de esta especie en ecosistemas acuáticos naturales limita el paso de la luz, impide el intercambio gaseoso entre el aire y el agua, favorece los procesos de anoxia, aumenta los niveles de nitrógeno y agota el fósforo. Estos efectos le confieren la capacidad de desplazar especies que también estén en el espejo de agua disminuyendo la diversidad vegetal, provocando cambios bruscos en las relaciones tróficas del ecosistema acuático¹³⁴.

Uno de los aspectos importantes que se identificó en esta investigación fue que la *Azolla* podía ser utilizada en cultivos de arroz como biofertilizante, ya que a esta especie se asocia una cianobacteria fijadora de nitrógeno conocida como *Anabaena azollae*¹³⁵, también se puede asociar con la fabricación de jabón, control de mosquitos¹³⁶, alimento para humanos y animales, purificador de agua, medicina, producción de combustible de hidrógeno, producción de biogás, abono verde, control de maleza y la reducción de la volatilización de amoníaco debido a la aplicación de fertilizantes químicos nitrogenados¹³⁷.

Carabali (2014)¹³⁸ menciona que la sobrepoblación de la *Azolla* en el humedal el Avispal ha llevado a la comunidad Quinamayoreña a emplearla como alimento para la cría de animales domesticados y también como abono orgánico. También hace referencia que la *Azolla* presente en el humedal podría significar un riesgo biológico tanto para el ecosistema como para la comunidad, ya que existe la posibilidad de un impacto negativo (actividad tóxica) en poblaciones animales, vegetales, microbianas y en los asentamientos aledaños al humedal.

¹³³ GALAN, Pedro. Declive de una población de Bufo calamita por invasión de la planta *Azolla filiculoides*. [En línea] Coruña: Universidade da Coruña, 2012 [consultado 11 de Julio de 2015].

Disponible en Internet:

[http://www.udc.es/grupos/gibe/uploads/gibe/pedro%20galan/6%20Galan%202013%20BAHE23\(1\)_Cons06.pdf](http://www.udc.es/grupos/gibe/uploads/gibe/pedro%20galan/6%20Galan%202013%20BAHE23(1)_Cons06.pdf)

¹³⁴ COBO, Dolores. Informe sobre la presencia de *Azolla filiculoides* en el Parque Nacional de Doñana [En línea] Repositorio Institucional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2002 [consultado 11 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/13634/1/InformeAzollafileculoides2001.pdf>

¹³⁵ *Ibid.*, Disponible en Internet:

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/13634/1/InformeAzollafileculoides2001.pdf>

¹³⁶ MOORE, Adrian. *Azolla*: Biology and agronomic significance, 1969. 1 archivo de computador.

¹³⁷ WAGNER, Gregory. *Azolla*: A review of its biology and utilization. *En: the botanical review*. Enero-marzo, 1997, vol. 63, no. 1, p 8-19.

¹³⁸ CARABALI, Op. cit., p 1.

6.2 ETAPA 2: Identificación de posibles impactos antrópicos sobre el recurso hídrico en el humedal El Avispal

El 6 de marzo de 2015 se realizó la visita en el área de influencia del humedal, identificando los predios colindantes que actualmente están generando un impacto negativo en el mismo, ya sea por vertimientos líquidos y/o sólidos o actividades agrícolas. Durante el recorrido se visitaron 13 predios colindantes con el humedal de los cuales la mayoría son fincas tradicionales y cultivos de caña de azúcar, estos predios no conservan los 30 metros de área de protección establecidos por la normativa sino que esta franja, en muchos casos, es utilizada para cultivos, pastoreo o en el caso más crítico para disposición de residuos sólidos y vertimientos domésticos o agrícolas.

En el Cuadro 22 se presentan los propietarios de los predios colindantes con el humedal, la zona a la que pertenece de acuerdo con la sectorización realizada en la

Figura 7, y el literal asignado a cada uno para facilitar la construcción e interpretación del Cuadro 23.

Cuadro 22. Propietarios de los predios colindantes con el humedal

ZONA	PREDIO	NOMBRE PROPIETARIO
1	A	Carlos Mejía – Janner Collazos
	B	Numan Pompilio Lugo
	C	Tanclero Ararat Angola
2	D	Tomasa Carabalí
	E	Heberth Tovar – Mercedes Vega
	F	Amelia Rodallega
	G	Eneida Viveros
	H	Hacienda Yarumito
3	I	José Vicente Popo
	J	Nestor Mosquera
	K	Leydamia Carabalí
	L	Zenelia Popo
4	M	Fincas tradicionales a las cuales no se obtuvo acceso.
5	N	Mauricio Castillo

La caracterización del tipo de vertimientos por zonas y actividades del Cuadro 23 muestra un análisis detallado de la problemática ambiental que presenta cada uno de los predios visitados. Al realizar el recorrido muchos de los propietarios se encontraban fuera del corregimiento por lo que la información fue dada por las personas contratadas para el cuidado y mantenimiento de los mismos.

El diagnóstico mostró que existen problemas asociados con la recolección, manejo y tratamiento del agua residual generada en las viviendas, que además de causar un impacto negativo sobre el humedal, pueden estar afectando de manera directa la salud de sus habitantes. En la Figura 32 y Figura 33 se ilustran algunas de las problemáticas observadas en el humedal El Avispal, como también las soluciones individuales que algunos de los colindantes ha decidido realizar. Cabe resaltar que estas fotografías fueron tomadas durante la visita realizada el 6 de marzo de 2015.

Figura 32. Problemática y soluciones individuales de los habitantes



Figura 33. Soluciones individuales a las diferentes problemáticas presentadas en las comunidades aledañas al humedal



Cuadro 23. Identificación del tipo de vertimientos por zonas y actividades en el humedal El Avispal

ZONA	TIPO DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS				VERTIMIENTOS SÓLIDOS	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS			OBSERVACIONES
	Doméstico	Agrícola	Industrial	Comercial		Caña de azúcar	Finca tradicional	Criadero de ganado	
1	A	B, C	-	-			A,B,C		<p>A. Letrina de hoyo seco, vertimiento de aguas grises y realiza quema de residuos.</p> <p>B. Cultivo de maíz, utilizan abono orgánico y urea para el cuidado de su cultivo y cuenta con pozo séptico.</p> <p>C. Cultivo de arroz dentro del humedal y uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.</p>
2	D, E, F, G	G,H	-	-	D	H	D,E, F, G, H		<p>D. Disposición final de los residuos sólidos en el humedal, el pozo séptico en época de invierno y a veces en verano cuando el uso es muy frecuente se rebosa y es dirigido directamente al humedal, además el lavadero no tiene recolección de aguas sino que es vertida directamente al humedal.</p> <p>E. Realizan una descarga doméstica al humedal Cucho de Yegua.</p> <p>F. Finca tradicional en la que no es necesario utilizar fertilizantes para mantener o incrementar los nutrientes en el suelo ya que cuenta con suelos muy productivos, posee un tanque recolector de aguas grises y</p>

Cuadro 23. (Continuación)

ZONA	TIPO DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS				VERTIMIENTOS SÓLIDOS	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS			OBSERVACIONES
	Doméstico	Agrícola	Industrial	Comercial		Caña de azúcar	Finca tradicional	Criadero de ganado	
			-	-					<p>heces fecales lo que lleva consigo posibles problemas de infiltración y afectación al humedal, escape del gas generado por procesos de digestión, además de estar localizado en una zona inundable.</p> <p>G. Enterramiento de las heces fecales, quema de los residuos sólidos generados, cultivos de arroz y disposición de aguas grises en el humedal.</p> <p>H. La hacienda Yarumito es un predio privado en el cual se cultiva la caña de azúcar y se le vende a los ingenios con los cuales tengan un convenio.</p>
3			-	-			I, J, K, L		<p>I. Finca tradicional que utiliza abono orgánico para garantizar alimentos frescos y sanos para el consumo humano.</p> <p>J. No se evidencio posible afectación al humedal por vertimientos sólidos y/o líquidos ni actividades agrícolas.</p> <p>K. Vivienda en construcción con proyección de pozo séptico.</p> <p>L. Vivienda en construcción con proyección de pozo séptico.</p>

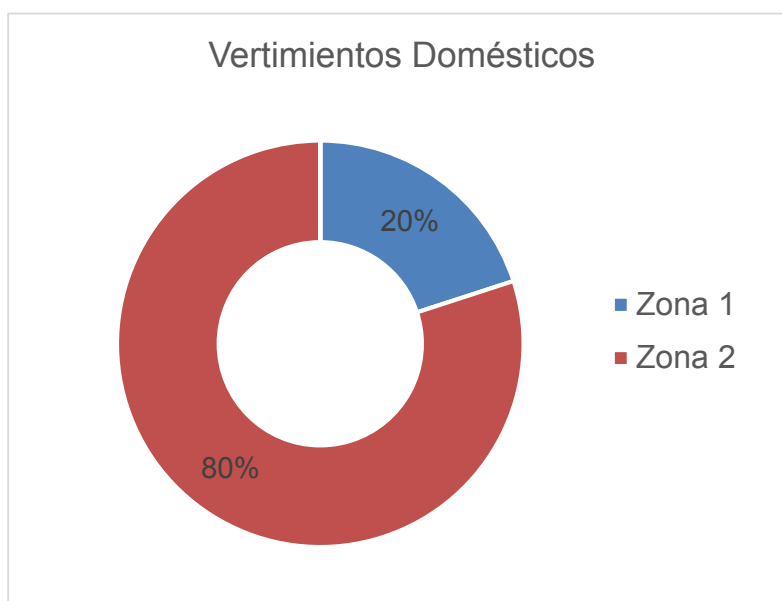
Cuadro 23. (Continuación)

ZONA	TIPO DE VERTIMIENTOS LÍQUIDOS				VERTIMIENTOS SÓLIDOS	ACTIVIDADES AGRÍCOLAS			OBSERVACIONES
	Doméstico	Agrícola	Industrial	Comercial		Caña de azúcar	Finca tradicional	Criadero de ganado	
4	-	-	-	-	-	-	M	-	M. Fincas tradicionales productivas a las cuales no se obtuvo acceso.
5		N	-	-		N	N	N	N. Cuenta con un pequeño cultivo de caña de azúcar panelera, al cual se le realiza un manejo orgánico, también con criadero de cerdos, búfalos y vacas.
TOTAL	5	4	0	0	1	2	14	1	

Teniendo en cuenta que en la vereda El Avispal actualmente no existen instituciones comerciales ni industriales, se excluyen estas dos variables en el análisis zonificado del humedal.

De la Figura 34 se observó que los vertimientos domésticos se realizan exclusivamente en las zonas 1 y 2 del humedal, la zona 2 presenta el aporte más significativo con 80% y la zona 1 representa el 20% restante. Es importante mencionar que la mayor parte de espejo de agua está situado en la zona 2 (Figura 7), abarcando totalmente las zonas norte, centro y una parte de la zona sur del humedal. Con relación a lo anterior y al Cuadro 23 se puede concluir que de acuerdo a la mayor densidad poblacional situada en la zona 2 la los vertimientos están afectando directamente la calidad del agua del ecosistema, esto se evidencia en la valoración del ICOMO (Figura 22) en el cual el grado de contaminación siempre ha estado en un rango medio y alto.

Figura 34. Análisis de Vertimientos domésticos en el humedal



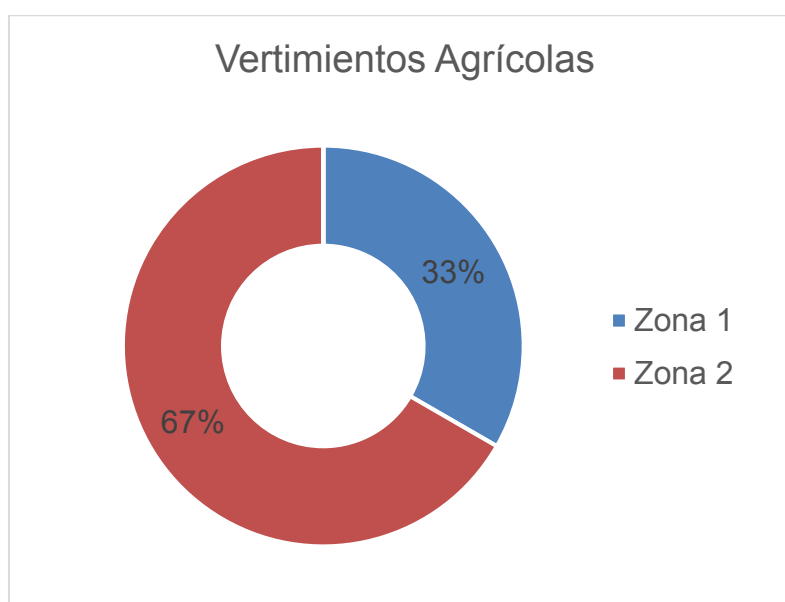
Actualmente no se conoce con exactitud la calidad del agua que presenta el humedal, pero es posible que el grado de contaminación permanezca en el mismo rango o haya aumentado debido a la falta de recursos económicos para el tratamiento de estos vertimientos. Cabe resaltar que la vereda El Avispal no cuenta con alcantarillado, sino con algunas soluciones individuales por parte de la comunidad que en muchos de los casos son vertimientos directos al humedal o pozos sépticos que no cuentan con un diseño adecuado y que adicionalmente en

época de invierno se rebosan, generando una descarga de agua residual con alta carga orgánica en el humedal.

En la Figura 35 se ilustró que los vertimientos agrícolas al humedal se presentan nuevamente en las zonas 1 y 2. La zona 2 presenta un mayor porcentaje de vertimientos (67%), teniendo en cuenta que el predio G (Cuadro 23) posee un cultivo de arroz y el predio H “La Hacienda Yarumito” tiene como actividad principal el cultivo de caña de azúcar para comercializar. Con relación a la calidad del agua que presenta el humedal, la eutrofización y desecación del humedal puede deberse a la concentración de fósforo originado de los drenajes agrícolas como también a la captación del recurso hídrico para el riego de los cultivos.

En la zona 1 se identificó un cultivo de maíz manipulado con abono orgánico y urea y también un cultivo de arroz en el área sedimentada del humedal. Este último cultivo hace uso de fertilizantes químicos como urea, fosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio, los cuales llegan al humedal por infiltración y afectan la calidad del agua del ecosistema.

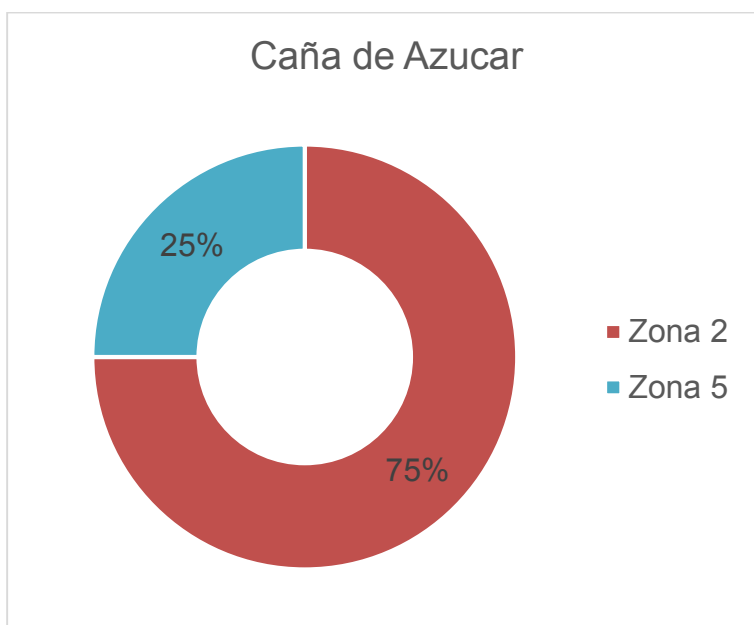
Figura 35. Análisis de Vertimientos agrícolas en el humedal



De acuerdo con la Figura 36 la mayor cobertura de caña de azúcar (75%) se presenta en la zona 2, predio H “Hacienda Yarumito”, además en la zona 5 se presenta un cultivo de caña de azúcar panelera el cual es manipulado orgánicamente. El impacto que esta actividad le está generando al humedal se relaciona directamente con la compactación y agotamiento del suelo, vertimientos agrícolas y la posible extracción de agua para la alimentación de los cultivos.

Además, esta actividad puede estar generando un impacto sobre la salud humana de las poblaciones aledañas debido al uso de pesticidas, la cual debería de ser evaluada por la entidad competente en el corregimiento de Quinamayó.

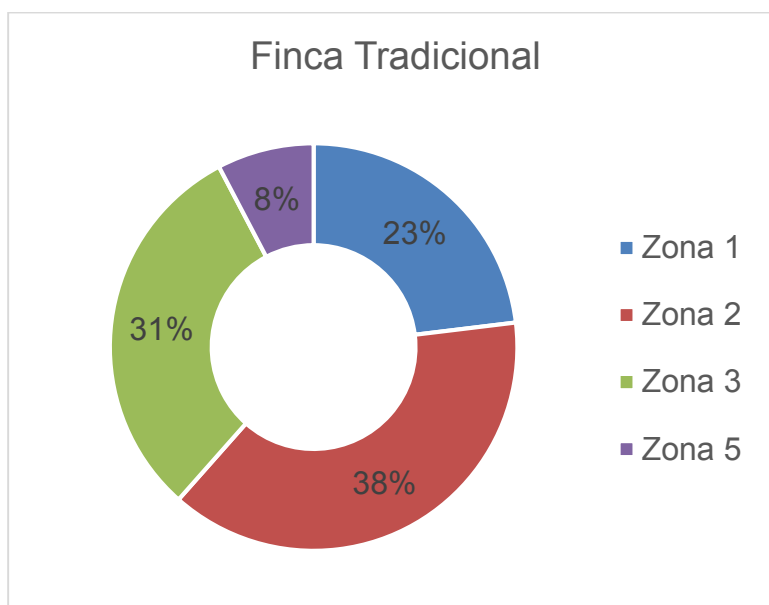
Figura 36. Análisis de la cobertura de caña de azúcar en el humedal



De la Figura 37 se observó que las zonas 1, 2, 3 y 5 del humedal cuentan con fincas tradicionales, en la zona 2 se presenta la mayor cobertura de fincas tradicionales aledañas al humedal con cinco predios (38%), seguido de la zona 3 con cuatro predios (31%), la zona 1 con dos predios (23%) y por último la zona 5 con un predio (8%). Es importante mencionar que la zona 4 del humedal también cuenta con fincas tradicionales a las cuales no se obtuvo acceso y por ende no se lograron cuantificar.

Se resalta que la mayoría de los predios colindantes con el humedal son fincas tradicionales, para los cuales sus vertimientos agrícolas generan un menor un impacto sobre el ecosistema del humedal ya que los fertilizantes utilizados es esta zona son orgánicos y son utilizados para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y obtener mayores rendimientos en las cosechas.

Figura 37. Análisis de la cobertura de fincas tradicionales aledañas al humedal



De acuerdo con el Cuadro 23 se observó que los vertimientos de residuos sólidos realizados al humedal se presentan en la zona 2 y pudieron ser asociados con el predio D, estos vertimientos se evidencian en la imagen superior derecha de la Figura 32. Esta actividad también influye en el deterioro de la calidad del agua del ecosistema y en la salud humana cuando se realizan las limpiezas. Mientras que el criadero de ganado está ubicado exclusivamente en la zona 5 del humedal, el cual representa un impacto negativo en el recurso hídrico debido al aporte de excrementos al cuerpo de agua, al igual que la compactación del suelo.

Luego de realizar un análisis de cada una de las actividades teniendo en cuenta la sectorización realizada, se determinó que la zona dos es la que presenta un mayor impacto al ecosistema, ya que en esta zona es donde se presentan vertimientos sólidos, domésticos y agrícolas al recurso hídrico, como también se presenta el cultivo de caña de azúcar más grande de la vereda. Los predios con mayor afectación son el D, G y H, por lo que es de vital importancia que se tomen medidas con estos 3 predios. A continuación se presenta un análisis de la zona 2, relacionándolo con los puntos norte, centro y sur y predios colindantes con el humedal de esta zona:

- **Zona norte:** Eneida viveros (Predio G), Amelia Rodallega (Predio F).
- **Zona centro:** Tomasa Carabalí (Predio D), Heberth Tovar y Mercedes Vega (Predio E).
- **Zona sur:** Hacienda Yarumito (Predio H).

6.3 ETAPA 3: Propuesta de actividades o acciones orientadas a la comunidad para la recuperación y conservación del humedal El Avispal

La identificación de la población que tiene influencia directa con el humedal se presentó en el Cuadro 22, además se identificó como líder comunitario al quinamayoreño Armando Vásquez quien actualmente es el representante legal de la Corporación Ambiental Palenque 5.

A partir de la información recolectada en el Cuadro 23, el 7 de julio de 2015 se realizó la visita en el área de influencia del humedal con el objetivo de aplicar la encuesta. Es importante mencionar que la encuesta se aplicó principalmente a los propietarios o personas a cargo de los predios colindantes con el humedal, ya que esta comunidad es la más vulnerable y responsable de los impactos negativos que se están generando en el ecosistema (vertimientos líquidos y/o sólidos y actividades agrícolas), sin embargo no se logró realizar la entrevista en la hacienda Yarumito responsable de la mayoría de los cultivos de caña de azúcar.

También se tuvo en cuenta que por medio de los talleres realizados por la Corporación Palenque 5 mediante el convenio CVC 028 DE 2014 con la CVC, se ha venido trabajando con la comunidad del corregimiento mediante conferencias sencillas las cuales generan un aprendizaje colectivo, igualmente se realizaron jornadas ambientales para la siembra de especies nativas en la zona amortiguadora del humedal.

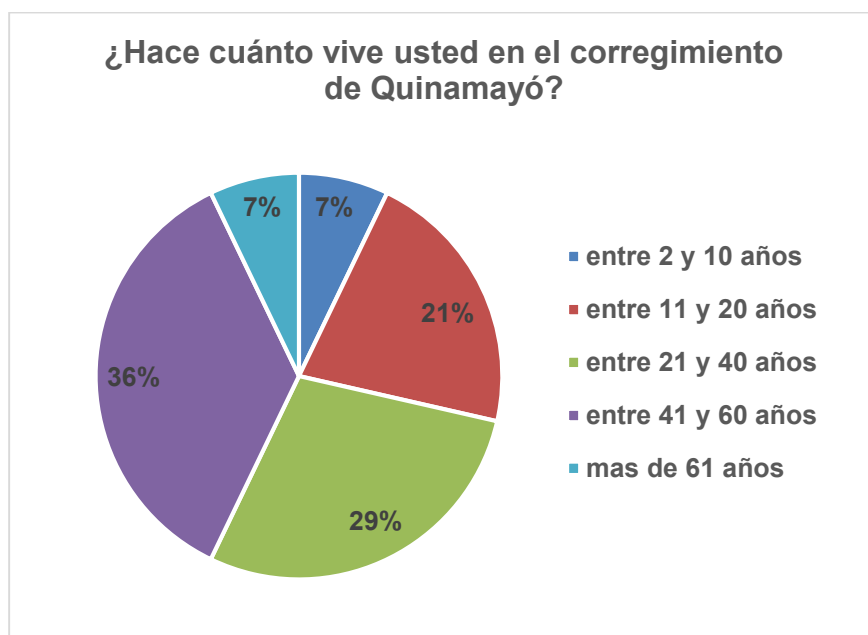
- Análisis de la pregunta ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?

De la Figura 38 se observó que el 43% de las personas encuestadas viven en el corregimiento desde hace más de 41 años, esto quiere decir que esta población ha estado presente en la mayoría de las etapas del ciclo de vida del humedal El Avispal, ya que este ecosistema se formó por completo en 1970. En 1985 se construyó el embalse regulador de Salvajina el cual afectó considerablemente todos los humedales de la zona disminuyéndoles el caudal de alimentación y por ende el desove, desarrollo y albergue de invertebrados y peces. En el año 1998 la conexión con el río se había perdido y esta problemática ya afectaba al 93% de la población entrevistada.

Aproximadamente en el 2007 se presentó la problemática ambiental más relevante en el humedal debido a la presencia de la *Azolla filiculoides*, este evento aunque ambientalmente representó un grave problema de contaminación por nutrientes, en términos comunitarios fue muy atractivo y es recordado por toda la población del corregimiento ya que el humedal era llamativo debido a la apariencia que presentaba en esa época. Actualmente el humedal es un patrimonio ecológico que

la mayoría de la comunidad busca proteger y conservar por los beneficios ambientales, económicos y sociales que trae el ecosistema.

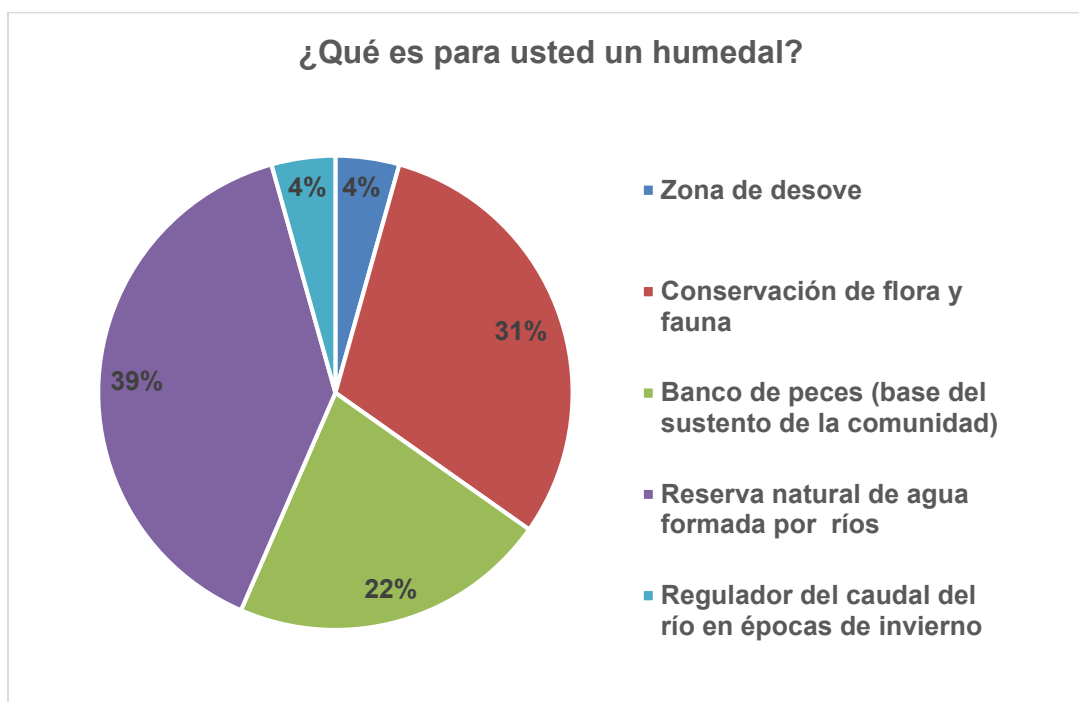
Figura 38. Primera pregunta: ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?



- Análisis de la pregunta ¿Qué es para usted un humedal?

La Figura 39 presenta las definiciones dadas por la comunidad encuestada de lo que para ellos es un humedal, se observó que el 39% de la población menciona que es una reserva natural formada por ríos, seguido de la conservación de flora y fauna con 31%, y un 22% indica que el humedal es una base para el sustento de la comunidad debido al banco de peces. Esas fueron las definiciones más frecuentes, y de manera indirecta mostraron que la comunidad presenta un interés en la protección y conservación del humedal, ya que les brinda seguridad alimentaria y una cuna de biodiversidad la biodiversidad. Aunque las definiciones que la comunidad Quinamayoreña expone son ciertas, cabe resaltar que estos humedales mitigan el cambio climático, recargan acuíferos y controlan inundaciones, beneficios ambientales que se relacionan directamente con los beneficios económicos y sociales de la población.

Figura 39. Segunda pregunta: ¿Qué es para usted un humedal?



- Análisis de la pregunta ¿Por qué cree usted que es importante la protección de los humedales?

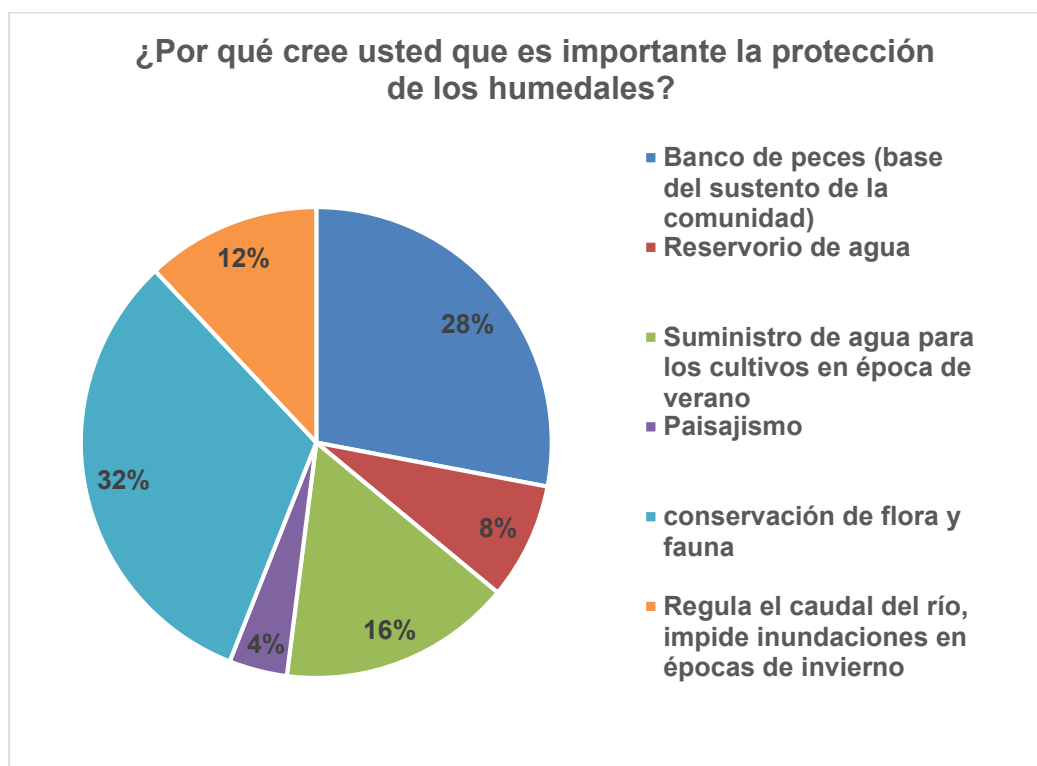
Con relación a la Figura 40 la comunidad resalta la importancia de los humedales mediante el beneficio ambiental, social y económico. Realizando una comparación con la Figura 39 se observó que la conservación de flora y fauna tiene un valor más significativo que la seguridad alimentaria. Esto se puede asociar con el rápido deterioro que ha tenido el humedal, en el cual se ha visto afectada principalmente la producción de peces. Según la población encuestada la pesca deportiva y artesanal que realizan hoy en día en el humedal ha disminuido considerablemente.

Otro factor que se consideró relevante en esta pregunta fue el suministro de agua para los cultivos en época de verano con 16%. Teniendo en cuenta que la mayoría de los predios colindantes con el humedal son fincas tradicionales en el cual se cultiva ya sea para consumo propio o para venta a pequeña escala, en época de intenso verano los cultivos se ven afectados forzando a la comunidad a captar agua del humedal para el riego de sus cultivos, ocasionando la desecación del humedal.

También se evidenció que en la visión de la población solo un bajo porcentaje (4%) cree que el humedal es importante protegerlo para conservar un paisajismo, este factor muestra la falta de educación ambiental que ha tenido la comunidad y debería ser más valorado, ya que al realizar una adecuada protección y conservación del

humedal este va a brindar un paisaje más atractivo tanto para la población del corregimiento, como para los turistas y visitantes que también aportan a la economía del territorio.

Figura 40. Tercera pregunta: ¿Por qué cree usted que es importante la protección de los humedales?



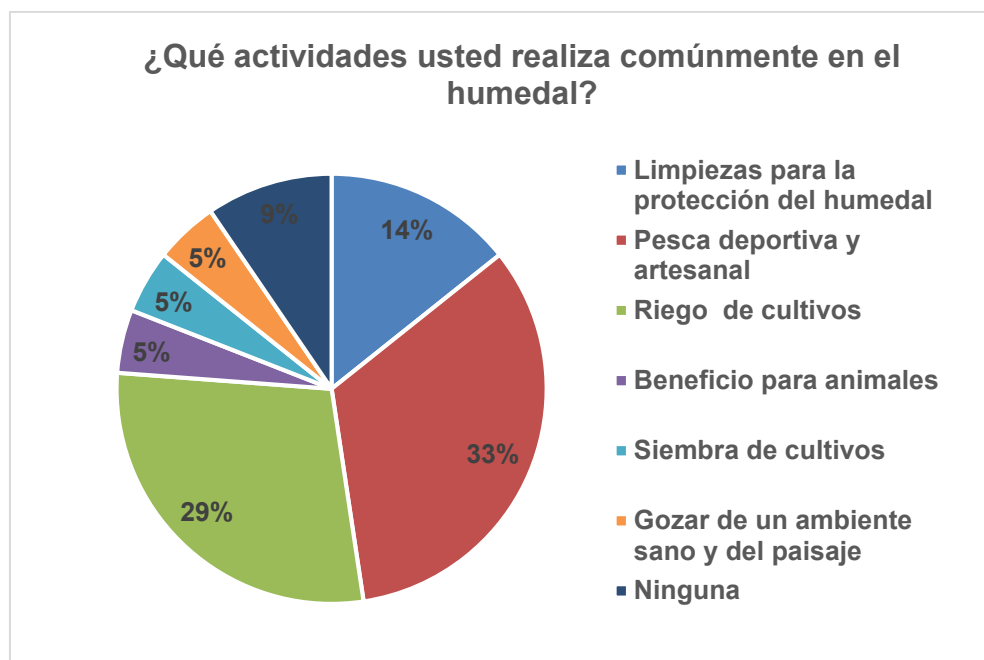
- Análisis de la pregunta ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?

Con base en la Figura 41 se identificó que las actividades más comunes en el humedal son la pesca deportiva y artesanal (33%), el riego de cultivos (29%) y la limpieza para la protección y conservación del ecosistema (14%). Aunque anteriormente se mencionó que la pesca había disminuido a causa del deterioro que actualmente presenta el humedal, esta es la actividad más común realizada por la comunidad del corregimiento. Esto se puede considerar como una actividad más recreativa y de pasatiempo que de beneficio alimentario, ya que en este momento el humedal no cuenta con una conexión permanente con el río Cauca que permita el reclutamiento y desarrollo de especies como bocachico, sardina, corroncho, guabina, agujeta, tilapia negra, amarilla y luminosa, sino que por medio de jornadas con la CVC se realizan siembras de peces de las cuales no se obtienen la misma cantidad de pescados que el humedal les llegó a brindar hace algún tiempo.

Considerando que la siembra de cultivos en el humedal y el beneficio para animales presentan un bajo porcentaje (5% cada una) dentro de las actividades que se realizan comúnmente en el humedal, se debe iniciar un trabajo con la comunidad para que esta problemática no avance, ya que el tipo cultivo que actualmente está en el humedal es de arroz, lo cual implica el uso de fertilizantes químicos como urea, fosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio, los cuales acidifican los suelos, favorecen la erosión, afectan los organismos (flora y fauna) y alteran las propiedades fisicoquímicas de los componentes del suelo¹³⁹.

En cuanto al beneficio para animales se debe tener en cuenta que el humedal está siendo utilizado como bebedero, esta actividad involucra un pastoreo que conlleva a la compactación del suelo y aporte de excrementos al cuerpo de agua generando un impacto ambiental en el ecosistema.

Figura 41. Cuarta pregunta: ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?



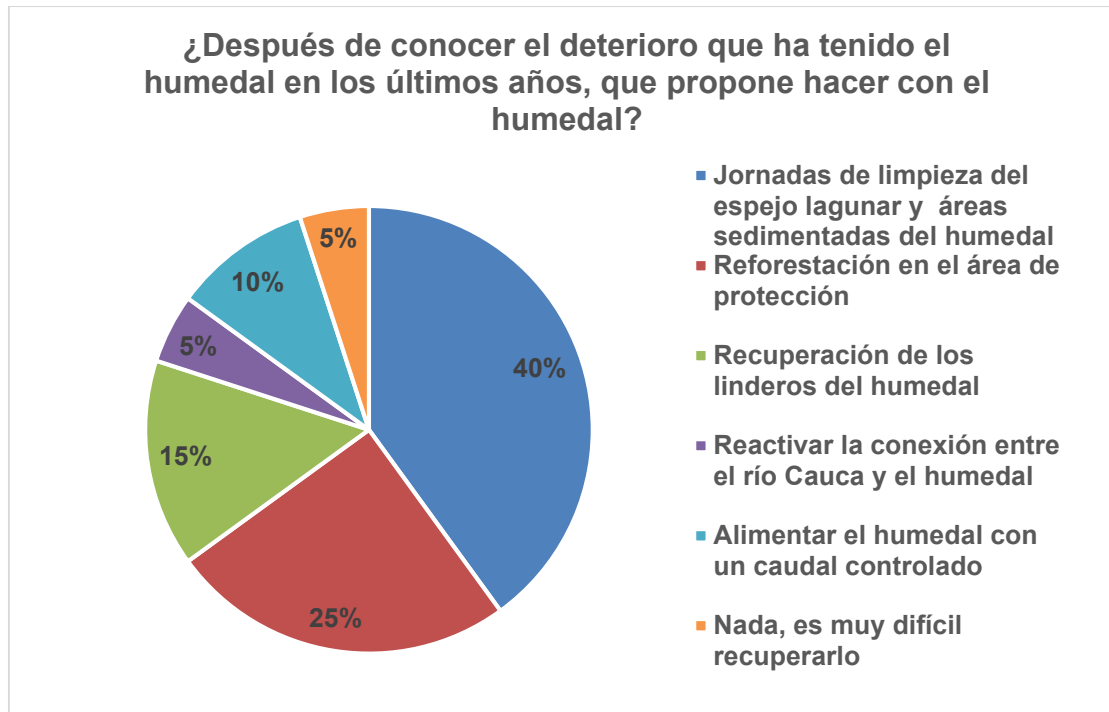
- Análisis de la pregunta ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?

¹³⁹ OJANAMA, Gianella et al. Efectos de los fertilizantes químicos en el suelo por producción de arroz. [En línea] Taropoto: Universidad Peruana Unión Jr. Los Mártires 218, 2014 [consultado 16 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: http://conacin.upeu.edu.pe/wp-content/uploads/2014/10/CIn_3299.pdf

De la Figura 42 se observó que el 40% de la población encuestada propone realizar jornadas de limpieza del espejo lagunar y áreas sedimentadas del humedal, el 25% menciona la reforestación en el área de protección y el 15% plantea la recuperación de los linderos del humedal. Aunque estas propuestas se han venido realizando mediante los convenios de la Corporación Ambiental Palenque 5 y la CVC, es necesario que las autoridades pertinentes para la delimitación del humedal comiencen inmediatamente con este proceso, ya que actualmente existen diferencias entre la comunidad que busca la protección y conservación del humedal y la comunidad aledaña que de alguna u otra forma va ganando terreno del mismo.

De acuerdo con la reactivación de la conexión del humedal y del río Cauca (5%) y la alimentación del humedal con un caudal controlado (10%), actualmente existe un proyecto llamado “PROYECTO PILOTO EN LA ZONA HIDROGRAFICA DEL ALTO CAUCA - Propuesta para enfrentar el cambio climático” el cual consiste en la construcción de un modelo conceptual para la restauración del corredor de conservación y uso sostenible del sistema río Cauca en su valle alto, considerando escenarios de cambio climático. Este proyecto corresponde a la zona inundable del río Cauca y contiene el cinturón de meandros, humedales, franja forestal protectora del río y relictos boscosos asociados a ecosistemas naturales¹⁴⁰.

Figura 42. Quinta pregunta: ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?

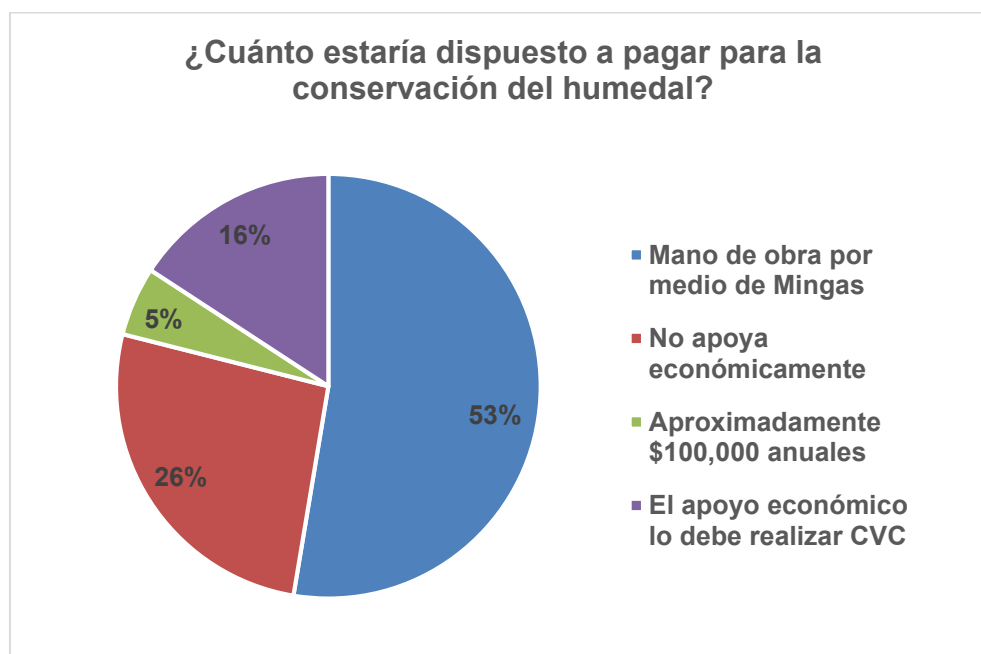


¹⁴⁰ CVC. PROYECTO PILOTO EN LA ZONA HIDROGRAFICA DEL ALTO CAUCA Propuesta para enfrentar el cambio climático. [En línea] Santiago de Cali: CVC, 2015 [consultado 16 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: www.valledelcauca.gov.co/reconstruccion/descargar.php?id=7804

- Análisis de la pregunta ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?

En la Figura 43 se presenta el valor que la comunidad estaría dispuesta a pagar para la conservación del humedal, en esta gráfica se identificó que la mayoría de la comunidad con (53%) se compromete con la mano de obra por medio de mingas, lo cual es coherente con el 26% de rechazo económico mencionado por la comunidad. Esto demuestra que los Quinamayoreños conservan sus tradiciones de trabajo en equipo para el beneficio de todos. Por eso prefieren colaborar mediante mingas y no realizar un aporte económico. Cabe resaltar que el 16% de la comunidad cree que esta actividad debe ser realizada exclusivamente por la CVC ya que ellos son la autoridad ambiental que cubre esta zona y que cuenta con los recursos económicos para realizarlo.

Figura 43. Sexta pregunta: ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?



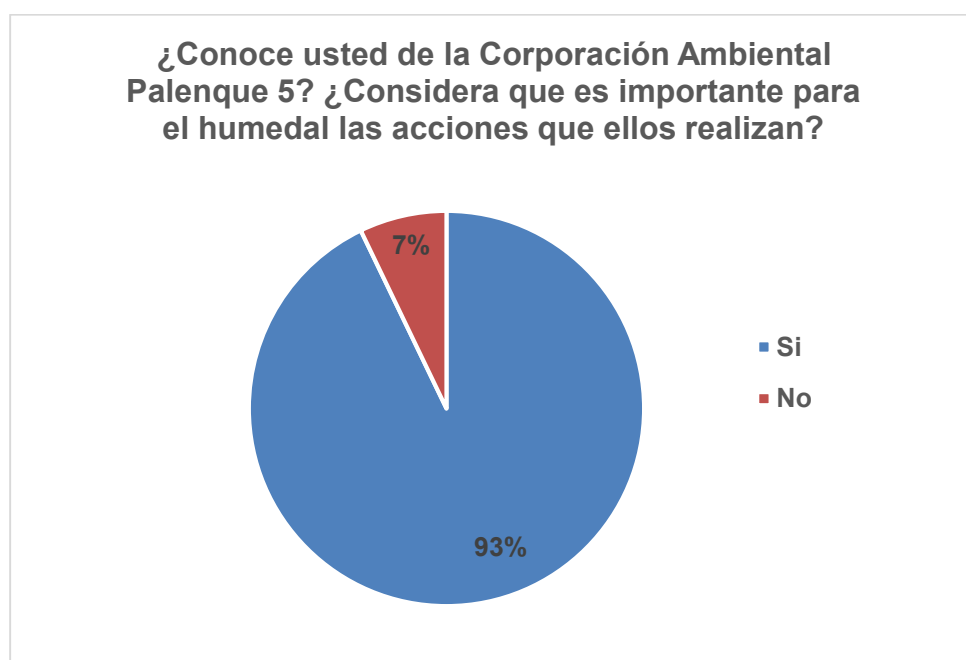
- Análisis de la pregunta ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?

De acuerdo con la Figura 44, el 93% de la comunidad encuestada considera que la Corporación Ambiental Palenque 5 cumple un rol importante con los humedales del corregimiento, ya que actualmente es la única corporación de Quinamayó que trabaja por la conservación y protección de los humedales, resaltando los proyectos que realizan con la CVC; sin embargo el 7% de la comunidad menciona que no

conoce la Corporación y que desconoce las actividades que ellos realizan en los humedales del corregimiento.

Es importante mencionar que la última actividad que se realizó en el humedal fue a finales del 2014 mediante el convenio CVC 028 DE 2014, el cual consistió en la limpieza manual y mecánica en el humedal, la siembra de especies propias del bosque seco tropical en la zona amortiguadora del mismo; la construcción de diez composteras en predios de finca tradicional en la zona de influencia del humedal Avispal para el compostaje y aprovechamiento como abono de las macrófitas y material vegetal extraído de los humedales, talleres teórico prácticos para capacitación con énfasis en producción de abono orgánico y jornadas ambientales y por último la instalación de una valla alusiva a los humedales, así como el mantenimiento y rehabilitación de las vallas, miradores y muelle existentes en el área del humedal El Avispal.

Figura 44. Séptima pregunta: ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?

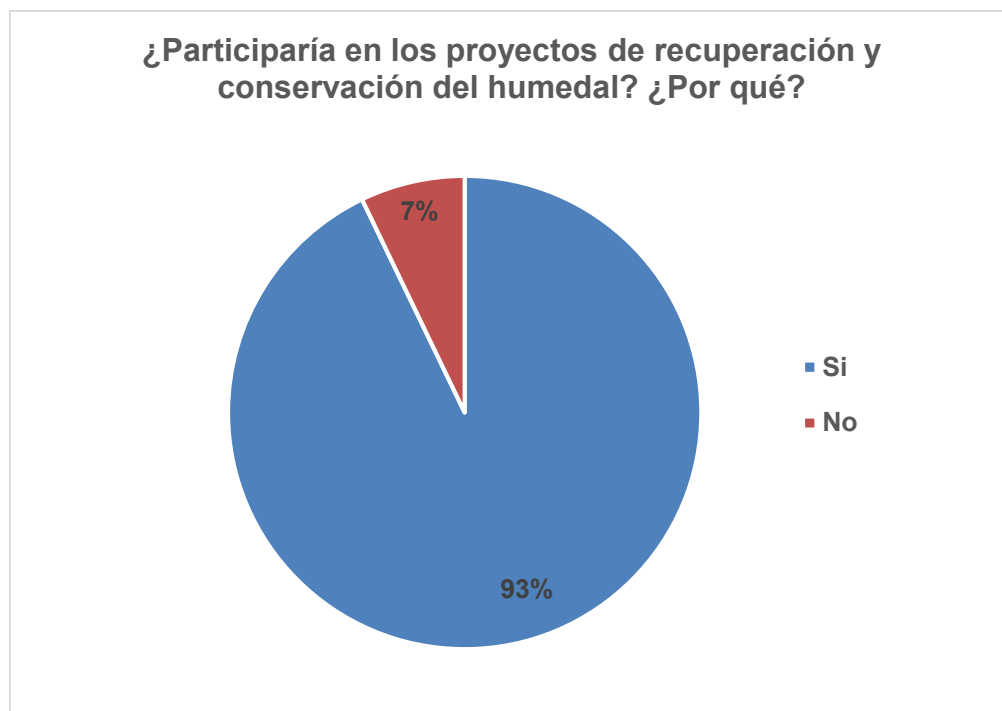


- Análisis de la pregunta ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?

En la octava pregunta se buscaba conocer el interés de la comunidad para la participación de futuros proyectos de recuperación y conservación del humedal. La Figura 45 muestra que el 93% de la población está dispuesta a participar en futuras

actividades, como se mencionaba anteriormente estos ecosistemas brindan un beneficio ambiental, social y económico. Además de ser considerados por la comunidad como un patrimonio ecológico rico en biodiversidad y un atractivo turístico. El 7% que respondió que no participaría en los futuros proyectos justificaban nuevamente que estas actividades debían ser ejecutadas por la CVC.

Figura 45. Octava pregunta: ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?



En el Anexo S presenta el registro fotográfico de las encuestas realizadas a los colindantes con el humedal el día 7 de julio de 2015 en la vereda el Avispal.

6.3.1 Formulación de plan de acción

A continuación se establece un plan de acción enfocado a mitigar los impactos negativos que se están generando al humedal debido las actividades antrópicas mencionadas anteriormente (Cuadro 24).

Cuadro 24. Formulación del plan de acción.

PROGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO	PRODUCTO ESPERADO
VERTIMIENTOS DE AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	Revisar los pozos sépticos existentes ya que muchos de estos presentan problemas de diseño y están afectando el ecosistema. También es importante que se diseñe un modelo de pozo séptico para que la comunidad tenga un modelo a seguir a la hora de buscar soluciones individuales.	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 - Comunidad 	Revisar los pozos sépticos al menos 2 veces por año.	<p>Disminuir los vertimientos domésticos y el impacto en el recurso hídrico.</p> <p>Mejorar la calidad del agua.</p>
	Proponer a la CVC una asesoría especializada para el mejoramiento de los sistemas de saneamiento en el humedal.		La asesoría debe realizarse lo más pronto posible.	
	Incluir la vereda El Avispal en futuros proyectos de la red de alcantarillado de Quinamayó y de esta manera obtener soluciones comunitarias. En este momento no es conveniente, ya que el corregimiento cuenta con alcantarillado pero no con planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que las aguas son vertidas sin tratamiento al río Cauca.		5 jornadas de educación en 2 meses, al menos 2 veces por año.	

Cuadro 24. (Continuación)

PROGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO	PRODUCTO ESPERADO
	Educar a la comunidad en saneamiento e higiene, encaminándolos a realizar una disposición segura de excreta y de esta manera prevenir enfermedades.			
VERTIMIENTOS AGRÍCOLA	<p>Realizar talleres teórico-prácticos con el fin de aumentar la implementación de fertilizantes y plaguicidas orgánicos en todos los cultivos de la región, de esta manera se puede obtener un beneficio ambiental, social y económico.</p> <p>Realizar común acuerdo con el señor Tanclero Ararat Angola, ya que actualmente posee un cultivo de arroz en el humedal al cual le son aplicados diferentes fertilizantes y plaguicidas químicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 - Comunidad 	<p>5 talleres en 2 meses, 2 veces al año.</p> <p>Esta actividad debe realizarse lo más pronto posible.</p>	<p>Disminuir los vertimientos agrícolas y el impacto en el suelo por el uso de fertilizantes químicos.</p> <p>Mejorar la calidad del agua.</p>
VERTIMIENTOS SÓLIDOS	Realizar campañas de concientización para evitar los vertimientos de residuos sólidos en el humedal.	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 	5 talleres en 2 meses, 2 veces al año.	<p>Disminuir los vertimientos sólidos y el impacto en el recurso hídrico.</p> <p>Mejorar la calidad del agua.</p>

Cuadro 24. (Continuación)

PROGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO	PRODUCTO ESPERADO
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	<p>Llevar a cabo campañas de concientización para evitar la quema de los residuos sólidos, ya que se están quemando todo tipo de residuos incluyendo pilas y bombillos ahorradores, elementos a los cuales se les debe realizar una adecuada disposición final. Además, se debe propiciar una cultura de reciclaje y separación de residuos.</p> <p>Establecer convenios con la empresa de aseo para que establezca una ruta de cobertura en la vereda para que se pueda fortalecer un manejo adecuado de los residuos sólidos, ya que actualmente el servicio de recolección se presta únicamente en el centro de Quinamayó.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 	<p>5 campañas en 2 meses, 2 veces al año.</p> <p>Es importante que se realice el convenio lo más pronto posible y de esta manera poder hacer una correcta disposición final de los residuos generados en esta zona.</p>	<p>Disminuir el impacto que se está generando al realizar la quema de los residuos sólidos en especial las pilas y los bombillos ahorradores.</p> <p>Aprovechamiento y correcta disposición final de los residuos sólidos generados en la vereda El Avispal.</p>
FRANJA DE PROTECCIÓN DEL HUMEDAL	<p>Promover medidas que permitan la recuperación de la franja forestal del humedal.</p> <p>Realizar la delimitación del humedal evitando inconvenientes con la comunidad aledaña que le vaya ganando terreno a este ecosistema,</p>	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 - Demás entidades competentes 	<p>Estas actividades deben realizarse lo más pronto posible.</p>	<p>Recuperación de la franja forestal y protectora del humedal para la conservación y protección del mismo.</p>

Cuadro 24. (Continuación)

PROGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TIEMPO	PRODUCTO ESPERADO
	como también evitando que el ganado por medio del pastoreo compacte el suelo y aporte excrementos directamente al cuerpo de agua.			
LIMPIEZA EN EL HUMEDAL	Aprovechar el interés de la comunidad para la protección y conservación de los humedales del Corregimiento y el aporte económico que realiza la CVC para realizar proyectos que tengan una mayor cobertura a la hora de realizar las limpiezas y reforestación en el humedal.	<ul style="list-style-type: none"> - CVC - Corporación Ambiental Palenque 5 - Comunidad 	Anualmente se deberían realizar 3 limpiezas manuales y 1 mecánica en el humedal.	Mayor espejo de agua en el humedal, eliminación de especies flotantes y mejorar la calidad del agua del humedal.
CONSUMO DEL RECURSO HÍDRICO	Hacer uso responsable del recurso hídrico teniendo en cuenta que el corregimiento actualmente se encuentra en época de verano, el humedal no tiene conexión con el río y se está reflejando en desecación del ecosistema.	<ul style="list-style-type: none"> - Comunidad 	A partir de que se realicen las campañas y talleres educativos, ya que se comienza a generar una conciencia ambiental en la comunidad.	Disminuir el consumo del recurso hídrico y la desecación del humedal.

7. CONCLUSIONES

La comparación de la información recolectada sobre el Humedal El Avispal con documentos normativos y literatura técnica en torno a las características normales de humedales, mostró que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos cumplían con los valores de referencia para humedales naturales y para usos del agua con fines recreativos de contacto primario y secundario y preservación de flora y fauna; aunque para los coliformes fecales y totales los valores de medición superaron considerablemente lo exigido por el Decreto 1594 de 1984, esto se puede verificar con el análisis de vertimientos realizado durante la segunda etapa del proyecto.

El índice de calidad de agua para lagunas aplicado sobre el Humedal el Avispal, evidenció que durante los años de medición la calidad del agua ha sido muy variable, con una calidad de agua mala en las tres zonas de monitoreo de los años 2006, 2007 y 2010 y en las zonas centro y sur del 2011; mientras que el año 2011 zona norte presentó el mayor índice de calidad con 83,62 equivalente a una buena calidad. También se evidenció que en el año 2012 las zonas norte y centro presentaron una buena calidad de agua y que en la zona sur fue regular con un ICA-L de 63,16. En el caso del ICOMI se presentó una variabilidad pero en el 2012 el grado de contaminación fue medio y bajo, el ICOSUS para este mismo año obtuvo una contaminación media y alta, mientras que el grado de contaminación del ICOMI fue bajo en los tres puntos de monitoreo del humedal.

En el humedal El Avispal se encontró que el nutriente imitante para el crecimiento de algas y macrofitas es el fósforo, esto puede deberse a vertimientos de origen doméstico en forma de contaminación puntual, o como resultado de prácticas agrarias y ganaderas en forma de contaminación difusa. Esto se puede verificar con la eutroficación y desecación que actualmente presenta el humedal.

Al realizar la caracterización de los impactos antrópicos sobre el recurso hídrico, se lograron identificar los predios que necesitan un mayor acompañamiento para la reducción de los impactos que actualmente están generando. Además de cuantificar los predios aledaños al humedal y conocer parte de la comunidad quinamayoreña.

Entre los principales impactos antrópicos sobre el humedal se destacan: i) invasión de la franja forestal de 30 m, contribuyendo con los problemas de erosión del humedal debido a su utilización como zona de pastoreo, de cultivos no controlados y de disposición de residuos líquidos y sólidos; ii) inadecuada recolección, manejo y tratamiento del agua residual generada en las viviendas, afectando la calidad del agua del humedal; iii) contaminación del agua asociada al uso de fertilizantes y abonos.

La realización de la encuesta permitió conocer el interés que tiene la mayor parte de la comunidad para la conservación y protección de los humedales del corregimiento. Debe haber una mayor comunicación entre Palenque 5 y la comunidad para la ejecución de los proyectos, ya que esto trae consigo beneficios ambientales, sociales y económicos.

Los proyectos de recuperación y conservación que está haciendo la CVC y la Corporación Ambiental Palenque 5 en el corregimiento, se deben seguir realizando continuamente para poder conservar los humedales por mucho más tiempo, ya que estos ecosistemas son los entornos más productivos del mundo.

Las actividades o acciones orientadas a la comunidad e instituciones para la recuperación y conservación del humedal El Avispal, son propuestas que en un futuro pueden generar grandes beneficios si se comienza a mitigar a tiempo.

Algunas de las principales actividades que pueden permitir de manera efectiva recuperar y proteger la calidad del humedal son las campañas de concientización para evitar vertimientos de aguas residuales domésticas, residuos sólidos al humedal. Al igual que la delimitación del humedal, el uso responsable del recurso hídrico y las campañas de concientización para evitar la quema de residuos sólidos.

El aprovechamiento de la *Azolla* para alimento de animales domesticados o abono orgánico debe ser analizado minuciosamente, ya que esta planta puede significar un riesgo biológico tanto para el ecosistema como para la comunidad, esto quiere decir que se puede tener impactos negativos en poblaciones animales, vegetales, microbianas y en los asentamiento aledaños al humedal.

Mediante el plan de acción se lograron identificar las actividades de cada programa, teniendo en cuenta la estimación del tiempo y los responsables para cada proyecto. Además se planteó un producto esperado al realizar cada una de las actividades.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), realice la evaluación de la calidad de agua del humedal El Avispal 2 veces por año, de esta manera va a permitir realizar un análisis más completo en futuras investigaciones, teniendo en cuenta que se llevaría una continuidad en los valores de los parámetros. También se recomienda que a la hora de realizar los muestreos por parte de los funcionarios de CVC, se realice una georeferenciación de los puntos donde se obtienen las muestras de agua para ser analizadas.

Teniendo en cuenta que la comunidad está interesada en la protección y conservación de los humedales del Corregimiento, la Corporación Ambiental Palenque 5 debería promover de nuevo las mingas para la limpieza y reforestación en el humedal. De esta manera se podría conservar por mayor tiempo los humedales y se aprovecharía mejor la inversión que la CVC invierte en estos ecosistemas.

Se deben llevar a cabo campañas de concientización acerca del manejo de los residuos sólidos en la comunidad, ya que una de las problemáticas evidenciadas durante las visitas realizadas fue la quema de residuos, resaltando bombillos y pilas. También es importante mencionarles el impacto que generan los residuos sólidos cuando son vertidos al humedal.

Es de vital importancia que la Corporación Ambiental Palenque 5 siga generando proyectos para el diseño e implementación de pozos sépticos como soluciones individuales, ya que de esta manera se disminuiría notablemente el impacto en el humedal El Avispal y en los otros humedales del corregimiento que también se estén viendo afectados por esta problemática.

Es importante que se realicen futuras investigaciones en el uso potencial de la *Azolla* filiculoides, ya que como se mencionó anteriormente puede ser utilizada en diferentes actividades.

BIBLIOGRAFÍA

ARCOS, Mireya del pilar et al, Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua [en línea]. Cundinamarca: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005 [consultado 13 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf.

ARDILA, A et al. Degradación fotocatalítica de materia orgánica no biodegradable presente en efluentes de la industria farmacéutica. [En línea]. Medellín: Facultad de Ciencias Básicas, Sociales y Humanas, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: <http://aiquruguay.org/congreso/download/P17.pdf>

BELTRÁN, Julio y RANGEL, J. Modelación del estado trófico del humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia, 2013 [consultado 11 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/34785/40220>

BENAVIDES, A et al. Evaluación de la calidad del agua en las principales lagunas del estado de chihuahua [En línea]. Universidad Autónoma de Chihuahua, 2007 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/CHIHUAHUA/docs/101-120.pdf

BRUFAO, Pedro y Llamas R. Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de los humedales: aspectos legales, institucionales y económicos. España: Fundación Marcelino Botín, 2003. 352 p.

CARABALI ISAJAR, Mary L. Afloramiento de *azolla sp.* presente en el humedal Carabalo Valle del Cauca) Colombia: metabolitos secundarios y evaluación preliminar de toxicidad. Trabajo de grado Maestría en Ciencias – Microbiología. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Interfacultades en microbiología, 2014. 105 p.

CHAPMAN, D. Water quality assessments: Aguide to the use of biota, sediments and wáter in environmental monitoring. 2 ed. London: UNESCO/WHO/UNEP 1996. 653 p.

COLOMBIA. SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Decreto 3930 de 2010 (Octubre 25). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones [en línea]. Bogotá D.C, 2010. [Consultado 14 de abril de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

COMUNIDAD ANDINA. Manual de Estadísticas Ambientales. CAN: Santa Cruz de la Sierra, 2005. Citador por: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en las masas de agua. [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/62%20HM%20DBO%20continental%203.pdf

COBO, Dolores. Informe sobre la presencia de Azolla filiculoides en el Parque Nacional de Doñana [En línea] Repositorio Institucional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2002 [consultado 11 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/13634/1/InformeAzollafiliculoides2001.pdf>

CVC. Agua, fauna, flora y conferencias en el día internacional de los humedales. [En línea]. 2014 [consultado 06 de Agosto de 2015] Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portalold/index.php/es/servicios-informacion-1/noticias/895-humedales-valle>

CVC. Ficha de caracterización del humedal Avispal o Carabalo. Descripción y ubicación general. [En línea], Santiago de Cali: 2012 [consultado 04 de Marzo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.cvc.gov.co/portal/index.php/es/tematicas/biodiversidad/humedales/humedales-lenticos-rio-cauca/88-biodiversidad/humedales/84-humedal-avispal-carabalo>. 2012

CVC. Proyecto piloto en la zona hidrográfica del alto cauca Propuesta para enfrentar el cambio climático. [En línea] Santiago de Cali: CVC, 2015 [consultado 16 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: www.valledelcauca.gov.co/reconstruccion/descargar.php?id=7804
DAGMA. Los humedales, normatividad para su conservación y mecanismos de participación. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

DANE. Boletín Censo General 2005 [en línea]. Santiago de Cali: 2005 [consultado 08 de Febrero de 2015]. Disponible en Internet: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/valle/jamundi.pdf>

DANEMANN, Gustavo y EZCURRA, E. Bahía de los Ángeles: recursos naturales y comunidad. Pronatura Noroeste A.C, 2008. 243 p.

DUGAN, Patrick. Conservación de Humedales: Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. Suiza: UICN, 1992. 87 p.

Environmental Protection Agency [en línea]. ¿Qué es el pH?, 2012 [consultado 05 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.epa.gov/acidrain/spanish/measure/ph.html>

FERNANDEZ, Nelson et al. Una herramienta informática para el análisis y valoración de la calidad del agua. [En línea]. Universidad de Pamplona, 2004 [consultado 11 de julio de 2015]; Disponible en Internet: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/publicaciones/bistua_revista_ciencias_basica/2004/11082010/rev_bis_vol2_num2_art12.pdf

FLOREZ, Brand et al. Lagunas y madre viejas del departamento del Valle del Cauca. Santiago de Cali: CVC, 2002. 30 p.

FUNECOROBLES. Formulación del plan de manejo ambiental del humedal El Avispal o Carabalo: Corregimiento de Quinamayó. Jamundí, 2006. 414 p.

GALAN, Pedro. Declive de una población de Bufo calamita por invasión de la planta Azolla filiculoides. [En línea] Coruña: Universidade da Coruña, 2012 [consultado 11 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: [http://www.udc.es/grupos/gibe/uploads/gibe/pedro%20galan/6%20Galan%202013%20BAHE23\(1\)_Cons06.pdf](http://www.udc.es/grupos/gibe/uploads/gibe/pedro%20galan/6%20Galan%202013%20BAHE23(1)_Cons06.pdf)

GLYNN, Henry y GARY, H. Ingeniería Ambiental. 2 ed. México: Pearson, 1999. 295 p.

GONZALES, Lady y LOAIZA, D. Análisis de conveniencia para suscripción de un convenio de asociación: Estudios previos del humedal El Avispal. Santiago de Cali, 2014. 1 archivo de computador.

GOYENOLA, G. Guía para la utilización de las Valijas Viajeras. [en línea]. Red de monitoreo ambiental participativo de sistemas acuáticos (RED MAPSA), 2007 [consultado 23 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

GUERRERO, Eduardo. Una aproximación a los humedales en Colombia. Bogotá: Fondo FEN Colombia, 1998. 90 p.

ICATest versión 1.0: Una herramienta para la valoración de la calidad del agua. ICATEST v1.0. 1 archivo de computador.

KADLEC, R & CABALLERO R. Treatment Wetlands. Crc Press Primer Edition. 1996. 928 p.

KEDDY, Paul. Wetland Ecology. Principles and conservation. Wetlands: an overview. New York, Cambridge University Press, 2010. 514 p.

LEÓN GIL, Carlos. Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respiro métrico y la demanda química de oxígeno por el método colorimétrico. Trabajo de grado Tecnólogo Químico. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología, 2009. 126 p.

Manual de evaluación de impacto ambiental de actividades rurales. Uruguay [consultado 12 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <https://books.google.com.co/books?id=InnqaK9UCZAC&pg=PA78&lpg=PA78&dq=FOSFATOS+DEFINICION&source=bl&ots=kx9OPJm4E8&sig=YrLBwZTEfeNcw2lO4PWc5kK6kS4&hl=es&sa=X&ei=LM1QVYSqIsGeNsPFgPAO&ved=0CDMQ6AEwBDgK#v=onepage&q=FOSFATOS%20DEFINICION&f=false>

MARTINEZ, Poliotro et al. Visión sobre la problemática de la contaminación de la CARL [en línea]. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA [consultado 05 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet:

http://qacontent.edomex.gob.mx/idc/groups/public/documents/edomex_archivo/carl_pdf_focho.pdf

MASSOL, Arturo. Parámetros fisicoquímicos: Temperatura [en línea]. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez [consultado 05 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf>

Ministerio del medio ambiente. Colombia, país de humedales [En línea]. 2014 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v56n4/art26v56n4.pdf>. 2008

Ministerio del medio ambiente. Política nacional para humedales interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y uso racional. Consejo nacional ambiental [En línea]. Ramsar, 2001 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-nationalpolicycolombia/main/ramsar/1%5E26089_4000_2__.

MOORE, Adrian. *Azolla*: Biology and agronomic significance, 1969. 1 archivo de computador.

MOORE, P. Wetlands, Revised edition. Facts On File, New York. 2008. p. 256.

OJANAMA, Gianella et al. Efectos de los fertilizantes químicos en el suelo por producción de arroz. [En línea] Tarapoto: Universidad Peruana Unión Jr. Los Mártires 218, 2014 [consultado 16 de Julio de 2015]. Disponible en Internet: http://conacin.upeu.edu.pe/wp-content/uploads/2014/10/CIn_3299.pdf

PEÑA, Enrique et al. Evaluación de la contaminación en ecosistemas acuáticos: Estudio de caso en la laguna de Sonso, cuenca alta del río Cauca. 1 ed. Cali: Programa Editorial, 2012. 82 p.

PEREIRA, A & VASCONCELOS, V. Classification and phylogeny of the cyanobiont *Anabaena azollae* Strasburger: an answered question? En: International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. Abril, 2014, doi:10.1099/ijs.0.059238-0. 64, 1840 p.

PÉREZ, Ana y RODRIGUEZ, A. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. En Revista de biología tropical, Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca. 04, diciembre, 2006, vol. 56, no. 4, p 15.

POSSO, J et al. Plan de manejo ambiental humedal El Avispal. Santiago de Cali: Fundación agua y paz y CVC, 2011. 413 p.

RAMIREZ, A et al. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulación y aplicación. [En línea]. Instituto Colombiano de petróleo, 1997 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v1n3/v1n3a09.pdf>

RAMOS PÉREZ, Carlos Javier. Presencia de coliformes totales y fecales en el agua del río Matlacobatí, Xico, Veracruz, México [en línea]. Xalapa Enríquez: Universidad Veracruzana, 2011 [consultado 13 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29447/1/RamosPerez.pdf>.

Ramsar. Colombia [En línea]. 2015 [consultado 09 de Julio de 2015] Disponible en Internet: <http://www.ramsar.org/es/humedal/colombia>

Ramsar. La Convención de Ramsar [En línea]. 2014 [consultado 11 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-cop12-logo-homeindex/main/ramsar/1%5E26530_4000_2_

Ramsar. La historia de los humedales y de los seres humanos [En línea]. 2014 [consultado 15 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: http://www.ramsar.org/pdf/info/cultural_heritage_s02.pdf

Ramsar. ¿Qué son los humedales?: Documento informativo Ramsar No.1 [En línea]. 2007 [consultado 11 de Septiembre de 2014] Disponible en Internet: <http://www.ramsar.org/pdf/about/info2007sp-01.pdf>

Red Nacional de Jardines Botánicos, *Azolla filiculoides*. [En línea], Fichas de especies de plantas útiles de los jardines botánicos de Colombia [consultado 03 de Junio de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.biodiversidad.co/humedales/ficha/id/1403>

RODRIGUEZ COLLAZOS, Gabriel. Evaluación funcional del estado de los humedales el Cabezón, el Estero y Guarinó asociados a la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua. CVC. Santiago de Cali, 2012. 1 archivo de computador

ROLDÁN, Gabriel y RAMÍREZ, J. Fundamentos de limnología neotropical. 2 ed. Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. 206 p.

SADEGHI, R et al. 2012. Use of support vector machines (SVMs) to predict distribution of an invasive water fern *Azolla filiculoides* (Lam.) in Anzali wetland, southern Caspian Sea, Iran. Ecological Modelling. 244, 126 p.

SADEGHI, R et al. A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla spp.* En: Caspian Journal of Environmental Sciences. Mayo, 2013, Vol. 11 No.1 pp. 76 p.

SALAS, Henry y MARTINO, P. Curso de eutrofización en lagos cálidos tropicales: Enfoque del problema de eutroficación, Santo Domingo, República Dominicana. CEPIS, 1996 [consultado 11 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd33/sala13/041477-enfoqueeutrofificacion.pdf>

SAWYER, Clair y McCARTY, Perry. Química para ingeniería ambiental. 4a edición. Mc Graw Hill: Colombia, 2001. p. 586. Citador por: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las masas de agua. [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/62%20HM%20DBO%20continental%203.pdf

SIAC. Calidad: agua superficial. Calidad del agua. [En línea]. 2010 [consultado 20 de septiembre de 2014]; Disponible en Internet: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=860&conID=1373>

TORRES, Fredy y PINILLA, G. Revisión de las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la región de la Mojana” [En línea]. Universidad Nacional de Colombia, 2011 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6180/1/gabrielpinilla.2011.pdf>

TORRES, Patricia et al., Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano En: Revista ingenierías

Universidad de Medellín. Octubre, 2009, vol. 8, no. 15 especial, [consultado 4 de octubre de 2014]; Disponible en Internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242009000300009

Universidad de Antioquia. Capítulo 6: Turbidez [en línea]. Medellín: 2014 [consultado 06 de Mayo de 2015]. Disponible en Internet: <http://agronica.udea.edu.co/talleres/Produccion%20Acuicola/Calidad%20de%20Aguas/6.Turbidez.pdf>

Universidad Pablo De Olavide. Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría, Técnicas avanzadas en química, Sevilla. 2006 [consultado 13 de mayo de 2015]. Disponible en Internet: http://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/TAQP1_0506.pdf

Universidad de Pamplona. Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial [en línea]. Colombia: 2010 [consultado 23 de Junio de 2015]. Disponible en Internet: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

VÁSQUEZ, Armando. Representante Legal de La Corporación Ambiental Palenque 5. Quinamayó, Jamundí. Historia del Humedal El Avispal, Comunicación personal (Narración), 2014.

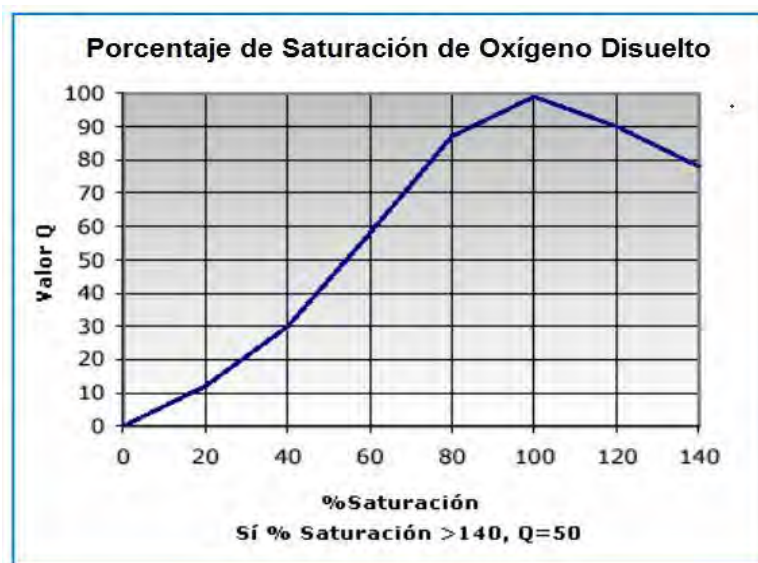
VILLAREAL, Jaime. CUCUNUBÁ: Modelo para un desarrollo sostenible [En línea]. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2000 [consultado 13 de julio de 2015]; Disponible en Internet: https://books.google.com.co/books?id=LOpB_Y6eKd4C&pg=PA33&lpg=PA33&dq=que+pasa+cuando+la+conductividad+es+alta+en+los+ecosistemas+acuaticos&source=bl&ots=Uyrb2jr46_&sig=KPYRAKvL28lcJ16d8U8QD0fjqIM&hl=es&sa=X&ei=bX2jVd2_MMv2oATEoYm4Dg&ved=0CCsQ6AEwAg#v=onepage&q&f=true

WAGNER, Gregory. *Azolla*: A review of its biology and utilization. En: the botanical review. Enero-marzo, 1997, vol. 63, no. 1. 19 p.

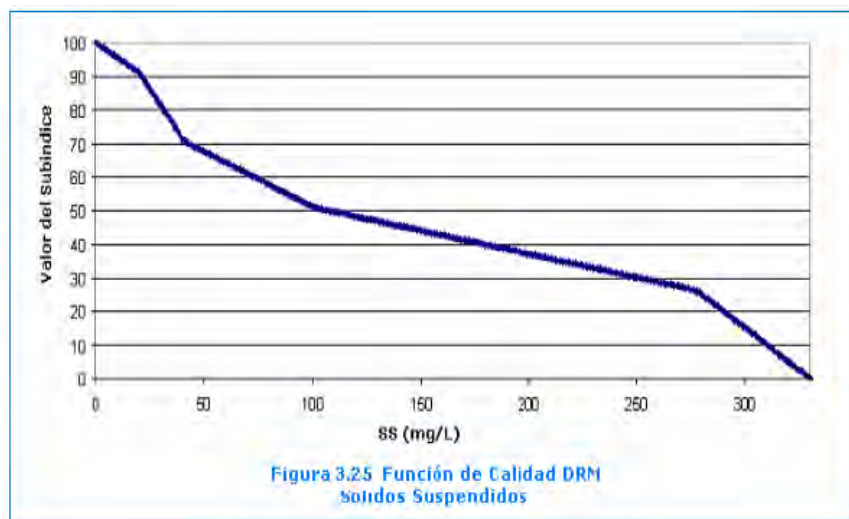
WASEEM, R et al. *Azolla*: An aquatic pteridophyte with great potential. En: International Journal of Research in Biological Sciences. Mayo, 2012, 2(2): 72 p.

ANEXOS

Anexo A. Función de calidad NSF Porcentaje de Saturación de Oxígeno Disuelto¹⁴¹



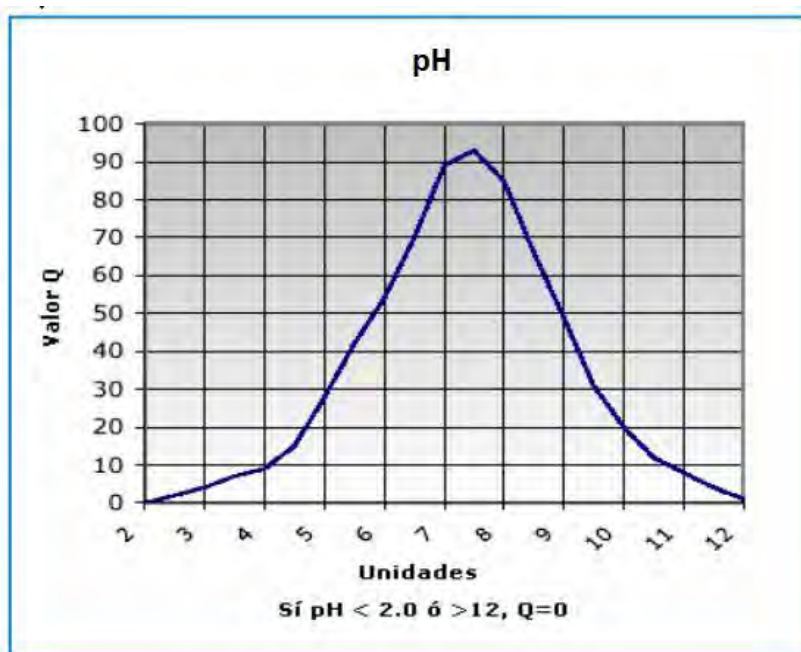
Anexo B. Función de calidad DRM Sólidos Suspendedos¹⁴²



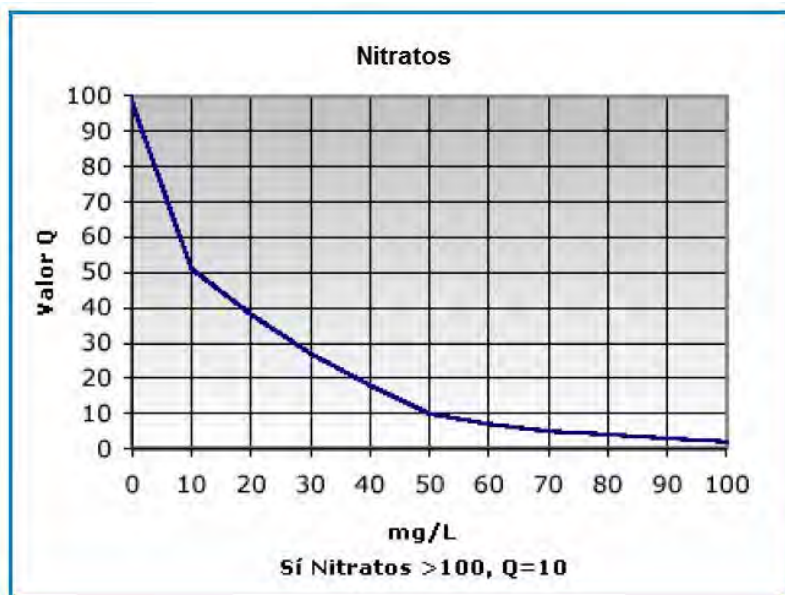
¹⁴¹ Universidad de Pamplona, Op. Cit. Disponible en Internet: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

¹⁴² KAHLER, Royer. A water quality index devised for the Des Moines River in central Iowa. En: Índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Citado por: Universidad de Pamplona. 1999, p 60.

Anexo C. Función de calidad NSF Potencial de Hidrogeno (pH)¹⁴³



Anexo D. Función de calidad NSF Nitratos¹⁴⁴



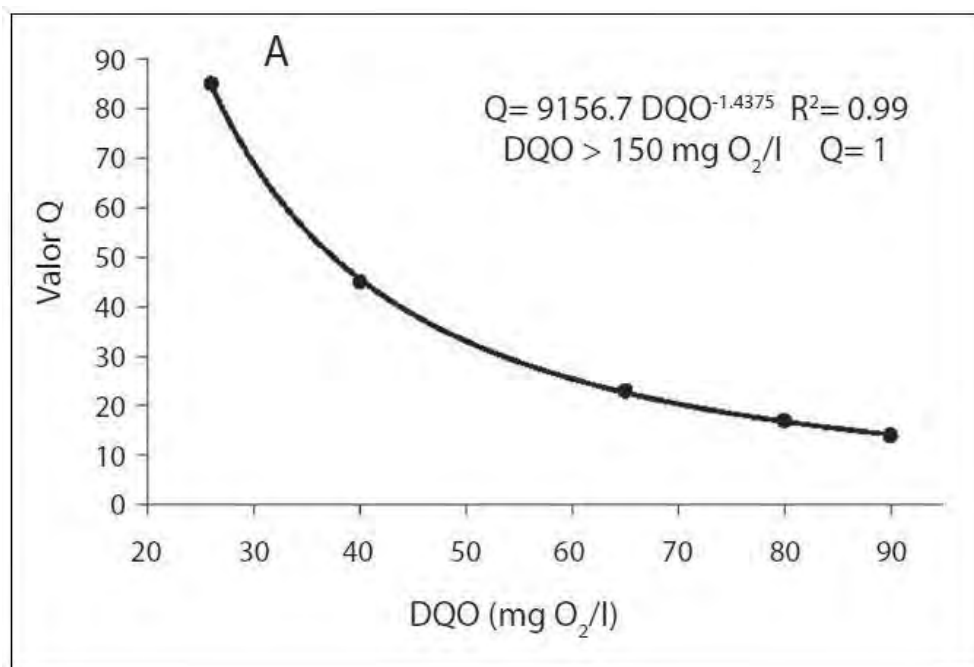
¹⁴³ Ibid., Disponible en Internet:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

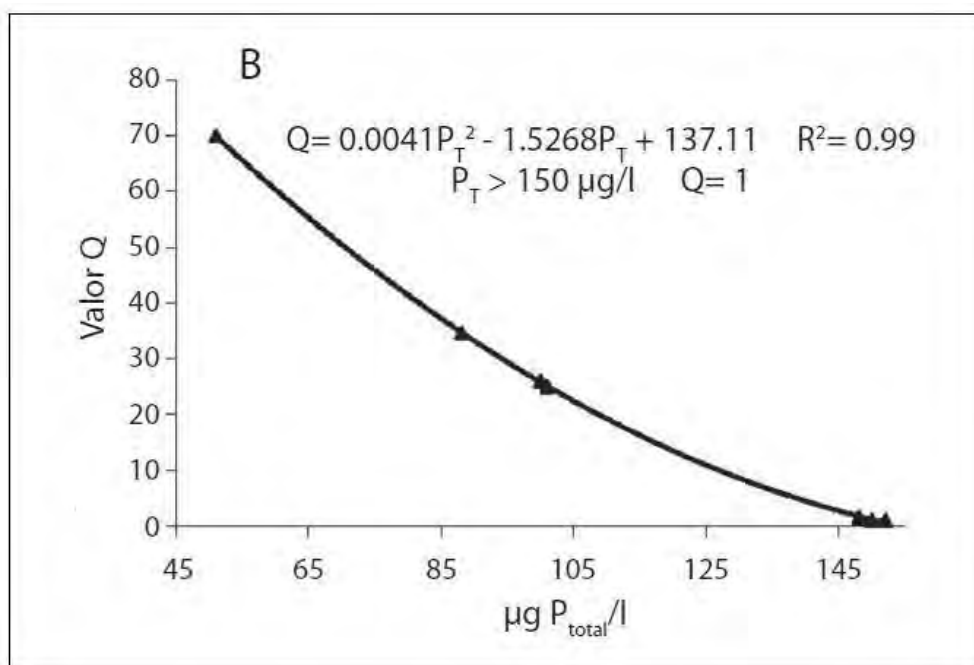
¹⁴⁴ Ibid., Disponible en Internet:

http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

Anexo E. Función de calidad DQO¹⁴⁵



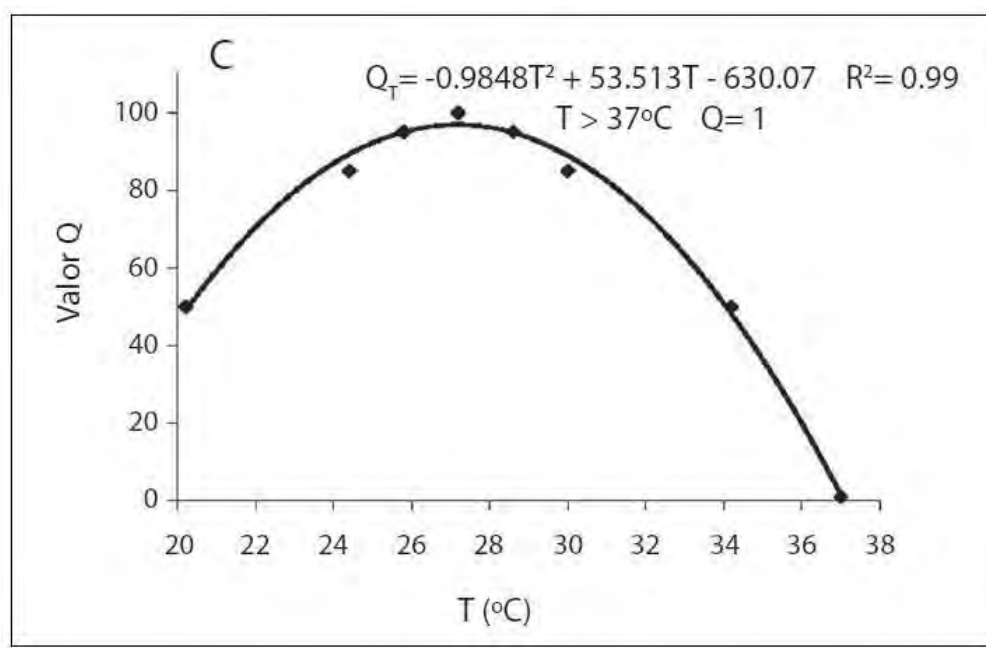
Anexo F. Función de calidad Fósforo total¹⁴⁶



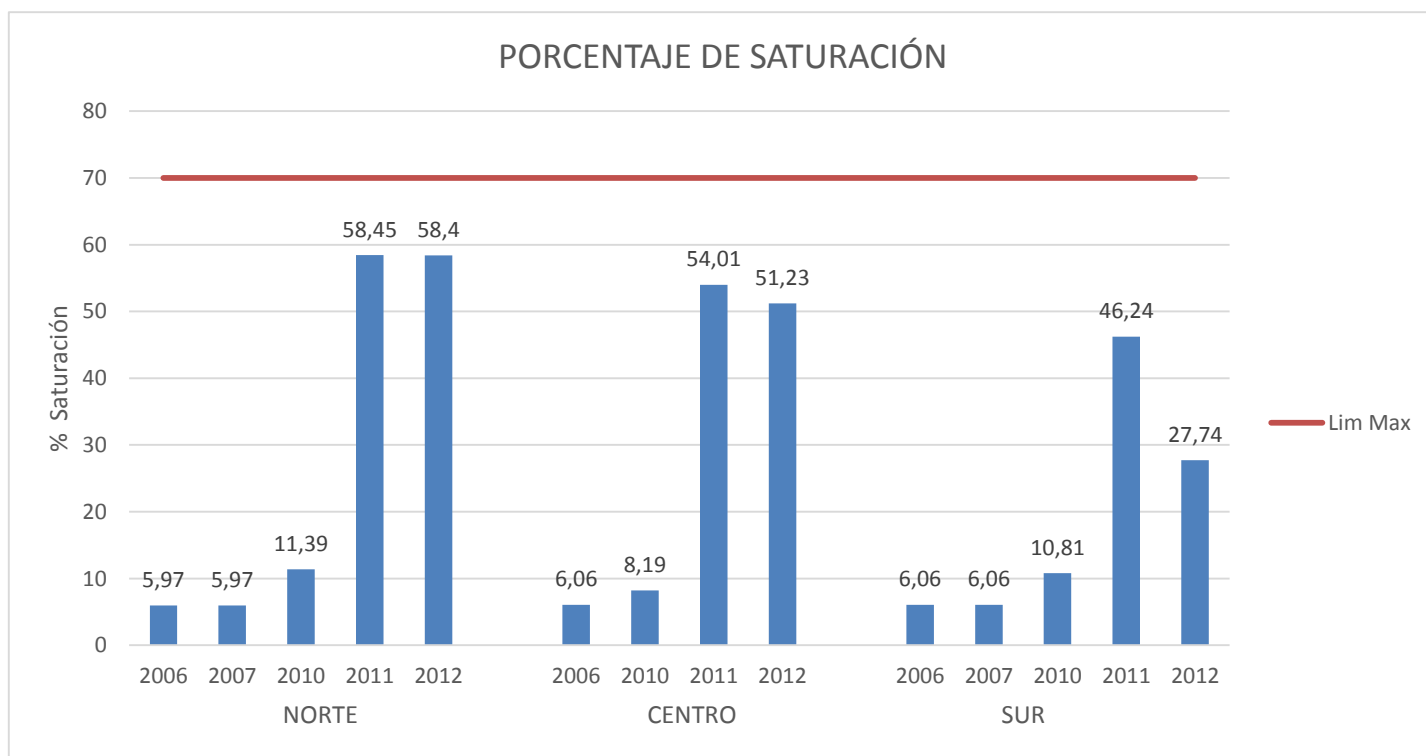
¹⁴⁵ PEREZ y RODRIGUEZ, Op. Cit. p 5.

¹⁴⁶ Ibid., p 5.

Anexo G. Función de calidad Temperatura¹⁴⁷



Anexo H. Valores históricos del porcentaje de saturación en el humedal El Avispal

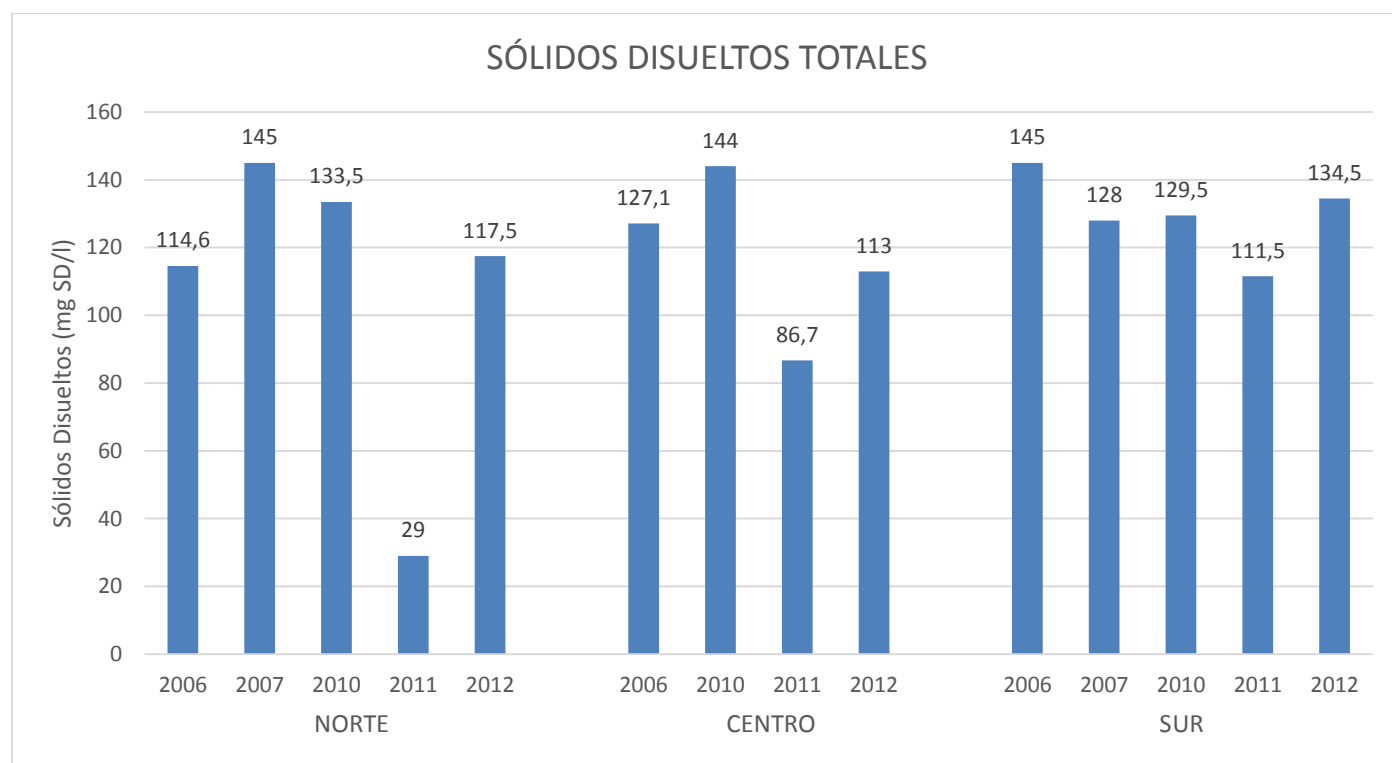


¹⁴⁷ Ibid., p 5.

Anexo I. Dependencia de la concentración de oxígeno disuelto respecto a la temperatura del agua (Bain y Stevenson 1999)

Temperatura (°C)	OD (mg O ₂ /l)	Temperatura (°C)	OD (mg O ₂ /l)
20	8,84	25	8,11
21	8,68	26	7,99
22	8,53	27	7,86
23	8,38	28	7,75
24	8,25	29	7,64

Anexo J. Valores históricos de los sólidos disueltos totales en el humedal El Avispal



Anexo K. Valor de ICA-L para el año 2006 en las zonas norte, centro y sur

2006 - NORTE					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	5,97	QstO2	3	0,18	34,50 Mala
SS (mg SD/l)	114,60	QSS	50	0,16	
pH (Unidades)	6,68	QpH	80	0,12	
DQO (mg O/l)	23,47	QDQO	98	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,40	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	128,00	Qptotal	9	0,11	
T (°C)	23,40	QT	83	0,11	
Ct (µS/cm)	144,30	QCt	100	0,09	

2006 - CENTRO					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	6,06	QstO2	3	0,18	37,56 Mala
SS (mg SD/l)	127,10	QSS	45	0,16	
pH (Unidades)	6,65	QpH	80	0,12	
DQO (mg O/l)	21,12	QDQO	114	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,40	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	111,00	Qptotal	18	0,11	
T (°C)	23,90	QT	86	0,11	
Ct (µS/cm)	156,20	QCt	100	0,09	

2006 - SUR					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	6,06	QstO2	3	0,18	42,38 Mala
SS (mg SD/l)	145,00	QSS	44	0,16	
pH (Unidades)	6,58	QpH	70	0,12	
DQO (mg O/l)	24,81	QDQO	91	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,40	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	39,00	Qptotal	84	0,11	
T (°C)	23,90	QT	86	0,11	
Ct (µS/cm)	174,70	QCt	100	0,09	

Anexo L. Valor de ICA-L para el año 2007 en las zonas norte y sur

2007 - NORTE					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	5,97	QstO2	3	0,18	31,33 Mala
SS (mg SD/l)	145,00	QSS	44	0,16	
pH (Unidades)	7,60	QpH	93	0,12	
DQO (mg O/l)	131,30	QDQO	8	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,40	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	311,00	Qptotal	59	0,11	
T (°C)	22,90	QT	79	0,11	
Ct (µS/cm)	174,40	QCt	100	0,09	

2007 - SUR					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	6,06	QstO2	3	0,18	38,16 Mala
SS (mg SD/l)	128,00	QSS	45	0,16	
pH (Unidades)	7,70	QpH	93	0,12	
DQO (mg O/l)	33,70	QDQO	58	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,52	QNO3	71	0,11	
Ptotal (µg P/l)	70,00	Qptotal	50	0,11	
T (°C)	23,70	QT	85	0,11	
Ct (µS/cm)	174,40	QCt	100	0,09	

Anexo M. Valor de ICA-L para el año 2010 en las zonas norte, centro y sur

2010 - NORTE					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	11,39	QstO2	6	0,18	49,89 Mala
SS (mg SD/l)	133,50	QSS	48	0,16	
pH (Unidades)	6,83	QpH	81	0,12	
DQO (mg O/l)	15,80	QDQO	173	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	78,00	Qptotal	43	0,11	
T (°C)	23,80	QT	86	0,11	
Ct (µS/cm)	153,00	QCt	100	0,09	

2010 - CENTRO					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	8,19	QstO2	5	0,18	30,65 Mala
SS (mg SD/l)	144,00	QSS	44	0,16	
pH (Unidades)	6,89	QpH	82	0,12	
DQO (mg O/l)	18,80	QDQO	135	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	169,00	Qptotal	1	0,11	
T (°C)	24,00	QT	87	0,11	
Ct (µS/cm)	154,00	QCt	100	0,09	

2010 - SUR					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	10,81	QstO2	6	0,18	44,07 Mala
SS (mg SD/l)	129,50	QSS	48	0,16	
pH (Unidades)	6,84	QpH	81	0,12	
DQO (mg O/l)	25,70	QDQO	86	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	93,00	Qptotal	31	0,11	
T (°C)	23,50	QT	84	0,11	
Ct (µS/cm)	156,00	QCt	100	0,09	

Anexo N. Valor de ICA-L para el año 2011 en las zonas norte, centro y sur

2011 - NORTE					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	58,45	QstO2	57	0,18	83,62 Buena
SS (mg SD/l)	29,00	QSS	82	0,16	
pH (Unidades)	6,78	QpH	80	0,12	
DQO (mg O/l)	11,40	QDQO	277	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	93,00	Qptotal	31	0,11	
T (°C)	25,00	QT	92	0,11	
Ct (µS/cm)	104,00	QCt	100	0,09	

2011 - CENTRO					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	54,01	QstO2	51	0,18	48,87 Mala
SS (mg SD/l)	86,70	QSS	56	0,16	
pH (Unidades)	6,82	QpH	80	0,12	
DQO (mg O/l)	18,10	QDQO	143	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	176,00	Qptotal	1	0,11	
T (°C)	25,00	QT	92	0,11	
Ct (µS/cm)	111,00	QCt	100	0,09	

2011 - SUR					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	46,24	QstO2	40	0,18	44,58 Mala
SS (mg SD/l)	111,50	QSS	50	0,16	
pH (Unidades)	6,71	QpH	75	0,12	
DQO (mg O/l)	20,60	QDQO	118	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,11	QNO3	98	0,11	
Ptotal (µg P/l)	168,00	Qptotal	1	0,11	
T (°C)	25,00	QT	92	0,11	
Ct (µS/cm)	122,00	QCt	100	0,09	

Anexo O. Valor de ICA-L para el año 2012 en las zonas norte, centro y sur

2012 - NORTE					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	58,40	QstO2	57	0,18	72,18 Buena
SS (mg SD/l)	117,50	QSS	50	0,16	
pH (Unidades)	7,42	QpH	91	0,12	
DQO (mg O/l)	48,60	QDQO	34	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,42	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	0,26	Qptotal	137	0,11	
T (°C)	27,30	QT	97	0,11	
Ct (µS/cm)	179,00	QCt	100	0,09	

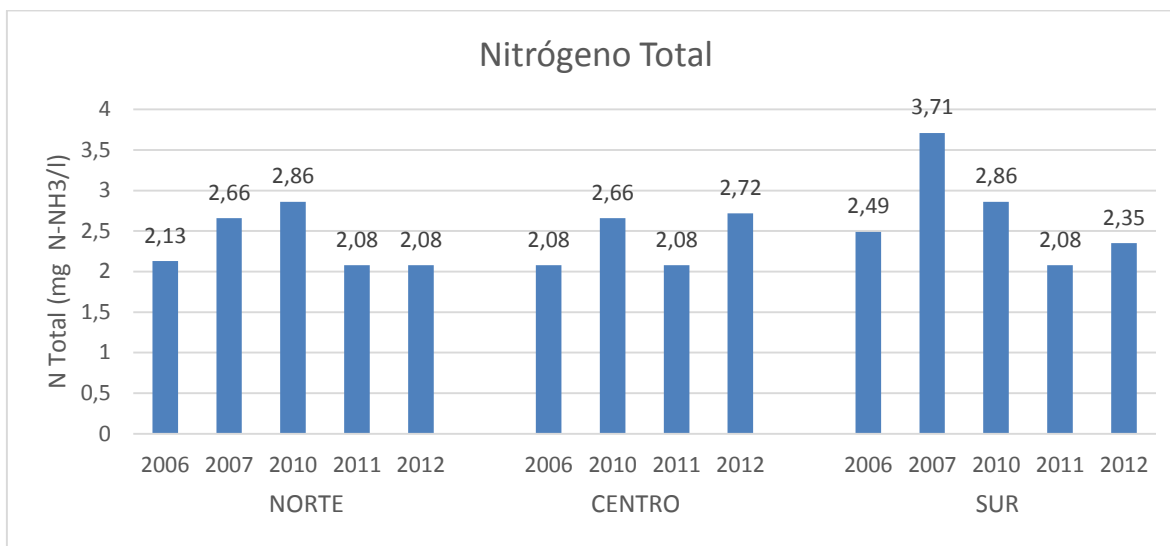
2012 - CENTRO					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	51,23	QstO2	45	0,18	71,09 Buena
SS (mg SD/l)	113,00	QSS	50	0,16	
pH (Unidades)	7,31	QpH	90	0,12	
DQO (mg O/l)	41,00	QDQO	44	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,43	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	0,39	Qptotal	137	0,11	
T (°C)	27,90	QT	96	0,11	
Ct (µS/cm)	177,00	QCt	100	0,09	

2012 - SUR					
PARAMETROS	VALOR	VALOR DE Q		índice	TOTAL ICA-L
stO2 (%)	27,74	QstO2	20	0,18	63,16 Regular
SS (mg SD/l)	134,50	QSS	47	0,16	
pH (Unidades)	7,23	QpH	90	0,12	
DQO (mg O/l)	33,10	QDQO	60	0,12	
NO3 (mg NO3/l)	0,43	QNO3	95	0,11	
Ptotal (µg P/l)	0,27	Qptotal	137	0,11	
T (°C)	27,40	QT	97	0,11	
Ct (µS/cm)	180,00	QCt	100	0,09	

Anexo P. Rango óptimo para el desarrollo de la *azolla filiculoides*

PARAMETROS	UNIDADES	RANGO OPTIMO	AUTORES
pH	Unidad.	5 – 7	Sadeghi et al. (2013)
Temperatura	C	25 – 30	Sadeghi et al. (2013)
Turbiedad	NTU	0,74 - 125	Sadeghi et al. (2012)
Sólidos Totales	mg ST/l	279 – 4.388	Sadeghi et al. (2012)
DBO ₅	mg O/l	2 – 16	Sadeghi et al. (2012)
DQO	mg O/l	13 – 98	Sadeghi et al. (2012)
Conductividad Especifica	µS/cm	334 – 14.410	Sadeghi et al. (2012)
Nitratos	mg N-NO ₃ /l	0 – 1,04	Sadeghi et al. (2012)

Anexo Q. Valores históricos de Nitrógeno Total en el humedal El Avispal



Anexo R. Registro fotográfico de las encuestas realizadas a la comunidad

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA – "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

Esta encuesta es realizada con fines académicos por Valentina Aponte García, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente. Por medio de la presente se pretende conocer el interés que tiene la población aledaña al humedal El Avispal con el fin de proponer actividades o acciones orientadas a la misma, para la recuperación y conservación del humedal, en el marco de la elaboración de su trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE QUINAMAYO, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ".

1. ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?

Hace 18 años.

2. ¿Qué es para usted un humedal?

Es una reserva natural de agua y fauna forestal.

3. ¿Por qué cree que es importante la protección de los humedales?

para conservar la vida. Tanto del agua, fauna, naturaleza y la vida humana.

4. ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?

Divisar las aves, respirar sus buenos ambientes y ver sus flores.

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

5. ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?

Tratar de recuperarlo alimentándolo con agua del río controlada.

6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?

Comprometiéndome con trabajos para servir, limpiar, etc.

7. ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?

Si es importante

8. ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?

SI.
porque vivo cerca del y me gustaria no solo yo y mi familia cosas de esa naturaleza sino que los turistas y visitantes tambien.

Nestor Mosquera → Propietario
3162519793

Anexo R. (Continuación)

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

Esta encuesta es realizada con fines académicos por Valentina Aponte García, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente. Por medio de la presente se pretende conocer el interés que tiene la población aledaña al humedal el Avispal con el fin de proponer actividades o acciones orientadas a la misma, para la recuperación y conservación del humedal, en el marco de la elaboración de su trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE QUINAMAYO, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ".

1. ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?

Hace aprox 55 años

2. ¿Qué es para usted un humedal?

Fuente para la creación y habitat para aves y peces.

3. ¿Por qué cree que es importante la protección de los humedales?

Por que alimenta los árboles, el fin es fortalecer los árboles actuales en eso no somos de brazos cruzados y no dejamos a la balda (protección barreras)

4. ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?

Ninguna porque no hay terreno intimo

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

5. ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?

Se debe fortalecer con árboles, cuidándolo y se debe mantener proteger el ambiente

6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?

No paga porque soy escaso de recursos

7. ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?

Si, Es importante para un mejor futuro.

8. ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?

Si, por que hay un beneficio para la comunidad

Jose Vicente Popo → Propietario

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

Esta encuesta es realizada con fines académicos por Valentina Aponte García, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente. Por medio de la presente se pretende conocer el interés que tiene la población aledaña al humedal el Avispal con el fin de proponer actividades o acciones orientadas a la misma, para la recuperación y conservación del humedal, en el marco de la elaboración de su trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE QUINAMAYO, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ".

1. ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?

Toda la vida - 58 años

2. ¿Qué es para usted un humedal?

lagunas, con flora y fauna

3. ¿Por qué cree que es importante la protección de los humedales?

Beneficiosa para nosotros, las cultivos

4. ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?

siembra de cultivo de arroz, Riego de cultivo

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

5. ¿Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?

Es muy difícil, ya lo que fue fue, por que no creo que lo alcancen a recuperar

6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal? /anual

→ Colaboración de fuerza manual sin reconocimiento.

7. ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?

No estoy satisfecha con lo que ellos realizan, no se ve lo que hacen. No hay siembra de peces, no le vea el progreso.

8. ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?

mi esposo y nieto han participado, yo no me podría meter.

Enelda Uiveras → Propietario

Anexo R. (Continuación)

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

Esta encuesta es realizada con fines académicos por Valentina Aponte García, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente. Por medio de la presente se pretende conocer el interés que tiene la población aledaña al humedal el Avispal con el fin de proponer actividades o acciones orientadas a la misma, para la recuperación y conservación del humedal, en el marco de la elaboración de su trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE QUINAMAYO, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ".

1. ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?
Toda la vida (2 años)

2. ¿Qué es para usted un humedal?
Es una forma de sostenimiento para la comunidad

3. ¿Por qué cree que es importante la protección de los humedales?
Porque si no lo cuidamos se pierde el humedal y pues no tendríamos como subsistir y de igual manera los peces no tendrían como alimentarse en el tiempo de verano

4. ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?
Las limpiezas para la protección del humedal

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

5. Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?
El problema mayor para lo mantenerlo constantemente limpio y obtener una buena producción de peces

6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?
Principalmente lo mudo de habita para conservar la laguna

7. ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?
La corporación Palenque 5 es importante tanto para la comunidad como para los humedales

8. ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?
Porque es una forma de mantener el humedal en buen estado y obtener una mayor producción de peces

Angelica Viasora Espinoza
TL-3135356333

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

Esta encuesta es realizada con fines académicos por Valentina Aponte García, estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Autónoma de Occidente. Por medio de la presente se pretende conocer el interés que tiene la población aledaña al humedal el Avispal con el fin de proponer actividades o acciones orientadas a la misma, para la recuperación y conservación del humedal, en el marco de la elaboración de su trabajo de grado titulado: "DIAGNÓSTICO DEL RECURSO HÍDRICO Y COMPONENTE SOCIAL DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL HUMEDAL EL AVISPAL UBICADO EN EL CORREGIMIENTO DE QUINAMAYO, MUNICIPIO DE JAMUNDÍ".

1. ¿Hace cuánto vive usted en el corregimiento de Quinamayó?
20 Años

2. ¿Qué es para usted un humedal?
Generalmente es un ambiente correchero de los rios

3. ¿Por qué cree que es importante la protección de los humedales?
por lo que alberga agua y fauna. (flora)

4. ¿Qué actividades usted realiza comúnmente en el humedal?
yo no peso ni caso de uso de bebedero para animales

TRABAJO CON COMUNIDADES ALEDAÑAS AL HUMEDAL EL AVISPAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ENCUESTA - "HUMEDAL EL AVISPAL O CARABALO"

5. Después de conocer el deterioro que ha tenido el humedal en los últimos años, que propone hacer con el humedal?
rehabilitarlo - meterle agua - regular niveles - eliminar escombros - prohibir la caza

6. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar para la conservación del humedal?
No se trata de la cantidad sino de lo que se haya sirva para el humedal (sea fauna - se agua o flora) y se haga bien. porque le valen plata a la mayoría esos trabajos no sirven, se quedan en tierra y comenitos buenos etc etc

7. ¿Conoce usted de la Corporación Ambiental Palenque 5? ¿Considera que es importante para el humedal las acciones que ellos realizan?
pues si son los únicos que se ven por acá

8. ¿Participaría en los proyectos de recuperación y conservación del humedal? ¿Por qué?
Si pero depende de lo que se vaya a hacer

Manrico Castillo → Propietario
311 345 10 17

Anexo S. Registro fotográfico de la aplicación de las encuestas a la comunidad colindante con el humedal.

